



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
PARA EL AREA DE BOVINOS EN EL CAMAL FRIGORÍFICO MUNICIPAL DE  
RIOBAMBA”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del título de:**

**INGENIERO QUIMICO**

**JEANETH TATIANA VALENCIA MEDINA**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2012**

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar agradezco a Dios por ser el quien ha guiado mi vida, por haberme dado la fortaleza y fuerza necesaria para alcanzar, este gran meta.*

*A mis queridos padres, quienes con su sacrificio y amor inculcaron en mí el deseo de superación y progreso, los cuales día a día con su cariño y dedicación incentivaron al cumplimiento de mis metas y anhelos.*

*A la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de manera especial mi reconocimiento a el Ing. Hannibal Brito director de mi tesis y al Dr. Gerardo León colaborador, por haber brindado su mano amiga y colaboración, quienes con sus conocimientos me supieron guiar, orientando con un criterio correcto, acertado y oportuno, para la realización de esta tesis de grado y a todas aquellas personas que con su valioso aporte hicieron posible la culminación del presente trabajo investigativo.*

*Al Ilustre Municipio de Riobamba, especialmente a la Ing. Rosario Jara por haber ayudado y guiado en el desarrollo de mi tesis, y a cada una de las personas que han confiado en mí.*

## **DEDICATORIA**

*Dedico con todo mi amor las páginas de este trabajo, mismas que fueron escritas con esfuerzo y sacrificio a la personita que más amo en este mundo a mi hijo Christopher Misael ya que el llegó a dar razón de ser a mi vida, también a mis queridos padres Glenda y Olmedo quienes me han apoyado y sacrificado por mí, a mis hermanos quienes son un ejemplo de superación y perseverancia. Y de manera especial a la Sra. Julia Arroba abuelita de mi hijo, quien ha sido un pilar fundamental en la vida de mi pequeñito. Gracias*

***Jeaneth Tatiana***

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Dr. Yolanda Díaz

.....

.....

**DECANA FAC. CIENCIAS**

Ing. Mario Villacrés A.

.....

.....

**DIRECTOR ESC. ING. QUIMICA**

Ing. Hannibal Brito M.

.....

.....

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Gerardo León Ch.

.....

.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. César Avalos I.

.....

.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Tec. Carlos Rodríguez

.....

.....

**DIRECTOR CENTRO DOCUMENTACIÓN**



## **HOJA DE RESPONSABILIDAD**

**“Yo, JEANETH TATIANA VALENCIA MEDINA soy responsable de las ideas expuestas y propuestas en el presente trabajo de investigación y en patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO”**

**Jeaneth Valencia**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	área (m <sup>2</sup> )
Af	Área del flujo (m <sup>2</sup> )
a	Ancho (m)
$\alpha$	Relación de transferencia de oxígeno en agua residual a potable a la misma temperatura (°C)
at	Atmósferas
B	Ancho del canal (m)
$\beta$	Relación de concentración de saturación del oxígeno disuelto en el agua residual a la del agua potable o destilada generalmente 0,8 a 1,0 (°C)
C	Coeficiente de flujo para rejilla obstruida.
CMFR	Camal Municipal Frigorífico Riobamba
C <sub>L</sub>	Concentración de operación de oxígeno disuelto (mg/L)
Cs.s	Concentración de saturación de oxígeno de OD en la superficie (mg/L)
DBO <sub>5</sub>	Demanda Biológica de Oxígeno en 5 días (mg/L)
DQO	Demanda química de Oxígeno (mg/L)

d	día
$\emptyset$	Diámetro de las partículas (mm o $\mu\text{m}$ )
dmax.	Nivel máximo (m)
$\eta$	Eficiencia de la remoción de la DBO (%)
e	Espesor (m)
f	Factor de fricción de Darcy-Weisbach
g	Aceleración de la gravedad 9,8(m/s)
gal	Galones
H	Altura (m)
$h_L$	Pérdida de carga, pies (m)
k	Constante de cohesión la cual que depende del tipo de material arrastrado
Kg	Kilogramos
kPa	Kilo pascales
L	Litros
Ls	Longitud sumergida (m)
Lb	Libras
mg	Miligramos
mL	Mililitros
mm	Milímetros
MLVSS	Sólidos suspendidos volátiles en el licor de mezcla (mg/L)

$\theta^\circ$	Angulo de inclinación de las rejillas
P	Presión barométrica ambiental (PSI)
$P^V$	Presión de vapor de agua (mmHg)
pH	Potencial de Hidrogeno
pulg.	Pulgadas
Q	Caudal ( $m^3/h$ )
$Q_e$	Caudal del efluente ( $m^3/s$ )
$Q_f$	Caudal inicial ( $m^3/h$ )
$Q_o$	Caudal de alimentación combinada ( $m^3/h$ )
$Q_r$	Caudal de recirculación ( $m^3/h$ )
$Q_u$	Caudal de descarga del clarificador ( $m^3/h$ )
$Q_w$	Caudal de purga ( $m^3/h$ )
R	Relación de recirculación $Q_r/Q$
$R_{DBO}$	Porcentaje remoción esperado %
r	Radio (m)
(RT)referencia	Transferencia de oxígeno ( $KgO_2/CV.h$ )
s	Densidad relativa de las partículas ( $g/cm^3$ )
SS	Sólidos Sedimentables (mg o Kg)
SST	Sólidos sedimentables totales (mg o Kg)
Se	DBO del efluente (mg/L)
Tr	Tiempo de retención (h)
Trh	Tiempo de retención Hidráulica (h)

TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario
V	Volumen ( $m^3$ )
V	Velocidad de flujo a través del espacio entre barras de la reja pies/s (m/s)
Va	Velocidad de aproximación del fluido hacia la reja pies/s (m/s)
Vc	Carga superficial ( $m^3/m^2\text{-dia}$ )
Vh	Velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de las partículas (m/s)
V <sub>RL</sub>	Velocidad de aproximación (m/s)
v	Es la velocidad lineal promedio (m/s)
Xva	Sólidos volátiles en el reactor (mg/L)
Xve	Sólidos volátiles en el efluente (mg/L)
Xvu	Sólidos volátiles de purga (mg/L)

## TABLA DE CONTENIDOS

CARATULA	Pp
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
HOJA DE FIRMAS	
HOJA DE RESPONSABILIDADES	
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	
TABLA DE CONTENIDOS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE GRÁFICOS	
ÍNDICE DE FOTOS	
ÍNDICE DE ECUACIONES	
ÍNDICE DE ANEXOS	
RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	iv
ANTECEDENTES.....	vi
JUSTIFICACIÓN.....	ix

OBJETIVOS.....	x
CAPÍTULO I .....	34
1. MARCO TEORICO .....	34
1.1 El Agua .....	34
1.1.1 Características Principales del Agua.....	35
1.2 Tratamiento de Aguas Residuales.....	36
1.2.1 Etapas del Tratamiento .....	37
1.2.1.1 Tratamiento Primario .....	37
1.2.1.1.1 Desbaste .....	37
1.2.1.1.2 Remoción de Sólidos .....	37
1.2.1.1.3 Remoción de Arena .....	38
1.2.1.1.4 Sedimentación.....	38
1.2.1.2 Tratamiento Secundario .....	38
1.2.1.2.1 Fangos Activos .....	39
1.2.1.2.2 Camas Filtrantes (camas de oxidación) .....	39
1.2.1.2.3 Placas Rotativas y Espirales .....	39
1.2.1.2.4 Reactor Biológico de Cama Móvil .....	39
1.2.1.2.5 Reactores Biológicos de Membrana MBR .....	40
1.2.1.2.6 Sedimentación Secundaria.....	40
1.2.1.3 Tratamiento Terciario .....	40
1.2.1.3.1 Filtración .....	40
1.2.1.3.2 Lagunaje.....	41
1.2.1.3.3 Tierras Húmedas Construidas .....	41
1.2.1.3.4 Remoción de Nutrientes.....	41
1.2.1.3.5 Desinfección .....	42
1.3 Diseño .....	42
1.3.1 Caudal .....	42
1.3.1.1 Consumo de Agua.....	43
1.3.1.2 Usos industriales del agua.....	43
1.3.1.2.1 Índice de Consumo de Carne ICC .....	44
1.3.1.2.2 Demanda Futura DF.....	45
1.3.1.2.3 Caudal Futuro .....	45
1.3.2 Rejillas .....	46
1.3.2.1 Consideraciones de Diseño .....	46

1.3.2.2 Determinación del Área entre Barras.....	47
1.3.2.3 Área de la Sección Transversal del Flujo (Af) .....	47
1.3.2.4 Longitud Sumergida de la Rejilla .....	48
1.3.2.5 Número de Barras .....	49
1.3.2.6 Cálculo de la Pérdida de Carga a Través de las Rejillas.....	49
1.3.3 Sedimentación.....	50
1.3.3.1 Parámetros de Diseño .....	51
1.3.3.2 Dimensionamiento .....	52
1.3.3.2.1 Cálculo del Área del Sedimentador .....	52
1.3.3.2.2 Cálculo del Diámetro .....	53
1.3.3.2.3 Volumen.....	54
1.3.3.2.4 Tiempo de Retención Hidráulico .....	56
1.3.3.2.5 Área de la Sección Transversal.....	56
1.3.3.2.6 Encontrando la Velocidad de Arrastre.....	57
1.3.3.2.7 Remoción de DBO y Sólidos Suspendidos.....	58
1.3.4 Tratamiento de Lodos Activos.....	58
1.3.4.1 DBO Consumida.....	60
1.3.4.2 Potencia Preliminar.....	61
1.3.4.3 Tiempo de Retención Hidráulica .....	61
1.3.4.4 Volumen del Reactor .....	62
1.3.4.5 Demanda de Oxígeno.....	63
1.3.4.6 Selección de Aireadores y Disposición en los Tanques de Aireación.....	63
1.3.4.6.1 Aireadores Superficiales .....	64
1.3.4.7 Producción Neta de la Biomasa .....	68
1.3.4.8 Cálculo de la Relación del Reciclado .....	69
1.3.4.9 Cálculo de Varios Caudales .....	69
1.3.5 Tanques Secundarios de Sedimentación.....	70
1.3.5.1 Área de Sedimentador Secundario.....	72
1.3.5.2 Diámetro del Sedimentador .....	73
1.3.5.3 Vertederos de Salida .....	73
1.3.6 Norma Ambiental .....	74
1.3.7 Ordenanza Municipal.....	74
 CAPÍTULO II.....	 76
 2. PARTE EXPERIMENTAL .....	 76
2.1 Muestreo .....	76



2.2 Metodología .....	79
2.2.1 Métodos y Técnicas .....	79
2.2.1.1. Métodos .....	79
2.2.1.2. Inductivo .....	79
2.2.1.3. Deductivo.....	80
2.2.1.4. Experimental .....	80
2.2.2 Técnicas .....	81
2.2.2.1 Técnicas y Métodos de Ensayo.....	81
2.2.2.1.1Determinación de la DBO Método 5210-B .....	82
2.2.2.1.2Determinación del pH 4500-B.....	83
2.2.2.1.3Determinación de la DQO Método 5220-C.....	84
2.2.2.1.4Determinación de Sólidos Sedimentables Método 2540-F.....	85
2.2.2.1.5Determinación de Sólidos Totales Método 2540-B.....	86
2.2.2.1.6Determinación de Sólidos Disueltos Método 2540-C.....	87
2.2.2.1.7Determinación de Sólido Suspendido Método 2540-D.....	88
2.2.2.1.8Determinación de Aceites y Grasas Método 5530-C.....	89
2.2.2.1.9Determinación de Nitrógeno Método 4500-N-A .....	90
2.2.2.1.10Determinación de Cloro Residual Método 4500Cl-G .....	91
2.2.2.1.11Determinación de Tensoactivos Método 5530-C.....	92
2.2.2.1.12Determinación de Coliforme Fecal Norma INEN 1108 .....	93
2.2.2.1.13Determinación de Coliforme Total .....	94
2.3 Datos Experimentales .....	95
2.3.1 Diagnóstico .....	95
2.3.2 Datos .....	97
2.3.2.1. Datos de la Faenamiento del Camal .....	97
2.3.2.2 Datos de la toma de Temperatura .....	97
2.3.2.3 Datos de Toma de Caudal .....	97
2.3.2.4-1 Análisis Físico Químicos y Microbiológicos .....	98
2.4 Datos Adicionales .....	99
2.4.1 Parámetros de Diseño para una Planta de Lodos Activados.....	99
CAPÍTULO III.....	100
3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES PARA EL CAMAL FRIGORÍFICO MUNICIPAL RIOBAMBA .....	100
3.1 Cálculos .....	100
3.1.1 Caudal .....	100

3.1.1.1 Consumo de Agua.....	100
3.1.1.2 Índice de Consumo de Carne ICC .....	101
3.1.1.3 Demanda Futura DF.....	101
3.1.1.4 Caudal Futuro .....	102
3.1.2 Cálculos para las Rejillas.....	102
3.1.2.1 Determinación del Área entre Barras.....	103
3.1.2.2 Cálculo del Área de la Sección Transversal del Flujo (Af) .....	103
3.1.2.3 Longitud Sumergida de la Rejilla .....	103
3.1.2.4 Número de Barras .....	104
3.1.2.5 Cálculo de la Pérdida de Carga a Través de las Rejillas.....	104
3.1.3. Cálculos para el Sedimentador .....	105
3.1.3.1 Determinación del Área del Sedimentador.....	105
3.1.3.2 Dimensionamiento .....	105
3.1.3.2.1 Cálculo del Radio.....	105
3.1.3.2.2 Cálculo del Diámetro .....	106
3.1.3.3 Volumen del Sedimentador .....	106
3.1.3.4 Tiempo de Retención .....	107
3.1.3.5 Área de la Sección Transversal.....	107
3.1.3.6 Determinación de la Velocidad de Arrastre.....	108
3.1.3.7 Determinación de la Tasa de Remoción .....	108
3.1.3.7.1 Remoción de los SST.....	108
3.1.4 Cálculos para Sistema de Lodos Activos.....	109
3.1.4.1 Cálculo de la DBO consumida.....	109
3.1.4.2 Estimación Preliminar de la Potencia .....	109
3.1.4.3 Tiempo de Retención Hidráulica .....	110
3.1.4.4 Volumen del Reactor .....	110
3.1.4.5 Demanda de Oxígeno.....	111
3.1.4.6 Aireador Superficial.....	111
3.1.4.6.1 Cálculo para los Aireadores Superficiales .....	111
3.1.4.7 Producción Neta de la Biomasa .....	115
3.1.4.8 Cálculo de la Relación del Reciclado .....	115
3.1.4.9 Cálculo de los Caudales Restantes.....	116
3.1.4.10 Tiempo de Retención .....	117
3.1.5 Cálculos para el Decantador Secundario .....	118
3.1.5.1 Área del Sedimentador.....	118
3.1.5.2 Diámetro del Sedimentador .....	118
3.1.5.3 Carga sobre el Vertedero .....	120
3.2 Resultados .....	121

3.2.1 Rejillas .....	121
3.2.2 Sedimentador Primario .....	122
3.2.3 Sistema de Lodos Activos.....	123
3.2.4 Sedimentador Secundario .....	124
3.2.5Análisis Físico-Químico .....	125
3.2.6 Análisis Microbiológicos .....	125
3.3 Validación del Diseño.....	126
3.4 Propuesta.....	127
PLANO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA .....	129
UBICACIÓN DE LA PLANTA EN EL CAMAL .....	130
DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	131
3.5 Análisis y Discusión de los Resultados .....	132
CAPÍTULO IV .....	133
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	133
4.1 Conclusiones.....	133
4.2 Recomendaciones .....	135
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA:</b>	<b>Pp:</b>
1.2-1 Planta de Tratamiento de aguas residuales.....	3
1.3.3-1 Sedimentador.....	17
1.3.4-1 Proceso convencional de Lodos Activos.....	27
1.3.4.7-1 Disposición para la purga de lodos.....	35

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA:</b>	<b>Pp:</b>
1.3.2.1-1 Información usual para el diseño de rejilla de limpieza mecánica y manual..	14
1.3.3.1-1 Estándares de diseño para sedimentadores primarios.....	19
1.3.3.2.1-1 Valores recomendados de la carga superficial para distintas suspensiones.	20
1.3.3.2.7-1 Valores de constantes empíricas “a” ”b”.....	25
1.3.5.1 Parámetros de diseño de sedimentadores secundarios.....	38
1.3.7.1-1 Comparación de la Ordenanza Municipal y el TULAS para descargas al alcantarillado publico.....	42
2.2.2.1.1-1 Determinación de la DBO.....	49
2.2.2.1.2-1 Determinación del pH.....	50
2.2.2.1.3-1 Determinación del DQO.....	51
2.2.2.1.4-1 Determinación de Sólidos Sedimentables.....	52
2.2.2.1.5-1 Determinación de Sólidos Totales.....	53
2.2.2.1.6-1 Determinación de Sólidos Disueltos.....	54
2.2.2.1.7-1 Determinación de Sólidos Suspendidos.....	55
2.2.2.1.8-1 Determinación de Aceites y Grasas.....	56
2.2.2.1.9-1 Determinación de Nitrógeno.....	57
2.2.2.1.10-1 Determinación de Cloro Residual.....	58
2.2.2.1.11-1 Determinación de Tensoactivos.....	59
2.2.2.1.12-1 Determinación de Coliforme Fecal.....	60
2.2.2.1.13-1 Determinación de Coliforme Total.....	61

	<b>Pp:</b>
2.3.2.1-1 Datos de Faenamiento del Camal.....	64
2.3.2.3.-1 Datos de toma de Caudal.....	64
2.3.2.4-1 Análisis Físico Químicos y Microbiológicos.....	65
2.4.1-1 Parámetros para el diseño del sistema de Lodos Activos.....	66

## ÍNDICE DE FOTOS

<b>FOTO:</b>	<b>Pp:</b>
2.1-1Faenamiento de Bovinos.....	44
2.1-2Área de Sacrificio.....	44
2.1-3Área del lavado de Vísceras Verdes.....	45
2.1-4 Desagüe Principal.....	45
2.1-5Toma de muestras.....	46

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>ECUACIÓN:</b>	<b>Pp:</b>
1.3.1-1 Caudal.....	9
1.3.1.1-1 Consumo de Agua.....	10
1.3.1.2.1-1 Índice de consumo de Carne.....	12
1.3.1.2.1-2 Índice de consumo de Carne por habitante.....	12
1.3.1.2.2-1 Demanda Futura.....	12
1.3.1.2.3-1 Caudal Futuro.....	12
1.3.2.2-1 Determinacion del área entre barras.....	14
1.3.2.3-1 Área de la sección transversal del flujo.....	14
1.3.2.4-1 Nivel máximo de agua.....	15
1.3.2.4-2 Longitud de la rejilla sumergida.....	15
1.3.2.5-2 Número de Rejillas.....	16
1.3.2.6-1 Perdidas de carga.....	16
1.3.2.6-2 Perdidas de carga para la rejilla obstruida.....	17
1.3.3.2.1-1 Área del Sedimentador.....	19
1.3.3.2.1-2 Carga superficial.....	19
1.3.3.2.2-1 Área.....	20
1.3.3.2.2-3 Radio.....	21
1.3.3.2.2-4 Diámetro.....	21
1.3.3.2.3-1 Volumen del Sedimentador.....	21
1.3.3.2.3-4 Largo del Sedimentador.....	22



	<b>Pp:</b>
1.3.3.2.3-5Ancho del Sedimentador.....	22
1.3.3.2.4.-1 Tiempo de retención Hidráulico.....	23
1.3.3.2.5-1 Área de la sección transversal.....	23
1.3.3.2.6-1 Velocidad de arrastre.....	24
1.3.3.2.7-1 Porcentaje de remoción.....	25
1.3.4.1-1 DBO <sub>5</sub> consumida.....	27
1.3.4.2-1 Potencia Preliminar.....	28
1.3.4.3-1 Tiempo de retención hidráulica.....	28
1.3.4.3-2Tiempo de retención con A/Moptimo.....	29
1.3.4.4.1 Volumen del reactor.....	29
1.3.4.5-1 Demanda de oxígeno.....	30
1.3.4.6.2-1 Transferencia real de oxígeno.....	32
1.3.4.6.2-2 Concentración de saturación del agua en la superficie.....	33
1.3.4.6.3-1 Coeficiente global de transferencia.....	33
1.3.4.6.3-2 Determinación de (RT) real.....	34
1.3.4.6.3-3 Potencia real.....	34
1.3.4.6.3-4 Recalculo de la potencia.....	34
1.3.4.6.3-5 Superficie.....	34
1.3.4.6.3-6 Profundidad.....	34
1.3.4.3.7-1 Producción de la Biomasa.....	35
1.3.4.3.9-1 Caudal de recirculación.....	36

**Pp:**

1.3.4.3.9-2 Caudal de alimentación combinada.....	37
1.3.4.3.9-3 Caudal de purga.....	37
1.3.4.3.9-4 Caudal del efluente.....	37
1.3.4.3.9-5 Caudal de descarga en el efluente.....	37
1.3.4.3.9-6 Tiempo de retención hidráulica.....	37
1.3.5.1-1 Área del sedimentador secundario.....	39
1.3.5.2-1 Diámetro del sedimentador.....	40
1.3.5.2-2 Diámetro del reparto central.....	40
1.3.5.2-3 Altura del reparto central.....	40
1.3.5.3-1 Carga del vertedero.....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO:</b>	<b>Pp:</b>
I. Planta de tratamiento.....	106
II. Parámetros de diseño y operación de Lodos Activos.....	107
III. Coeficientes cinéticos para tratamiento biológico aeróbico.....	108
IV. Característica de aireadores de superficie.....	109
V. Resultados de los análisis físicos químicos de las aguas residuales.....	110
VI. Resultados de los análisis físicos químicos de las aguas residuales.....	111
VII. Resultado de los análisis microbiológicos.....	112
VIII. Resultado de los análisis microbiológicos.....	113
IX. Resultado de los análisis físico químicos.....	114
X. Resultado de los análisis físico químicos.....	115
XI. Área de faenamiento del camal.....	116
XII. Limpieza del Camal.....	117
XIII. Texto Unificado de Legislación Secundario Ambiental.....	118
XIV. Ordenanza Municipal.....	119
XV Catalogo de Aireadores Superficiales.....	120

## **RESUMEN**

El Diseño de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales para el área de bovinos en el Camal Frigorífico municipal Riobamba

El desarrollo de esta investigación tienen un carácter experimental utilizando como procesos lógicos la inducción, en la cual partimos de la observación de los procesos que se desarrollan en el camal y posteriormente realizar un diagnóstico, en la deducción partimos del diseño y terminamos describiendo cada etapa del tratamiento, y como parte fundamental tenemos el método experimental, donde se tomó muestras y datos, para esto necesitamos de, recipientes, un termómetro y un cronometro

Posteriormente se realizó el análisis de estas aguas, mismo que se efectuaron en el Laboratorio de Análisis Técnicos de Aguas de la ESPOCH, resultados que revelan que los vertidos de esta área contienen una alta concentración de DBO 1443,35 mg/L, 3442 mg/L DQO, 1890,30 mg/L Sólidos suspendidos, 8454 mg/L Sólidos totales, los cuales se encuentran fuera de los límites establecidos en la Normativa Ambiental (TULAS).

Después se realizó los cálculos correspondientes para el diseño del sistema de Tratamiento de aguas Residuales, el cual, consta de un pretratamiento como son las Rejillas, un tratamiento primario como es la Sedimentación, seguido de un tratamiento de lodos activos, de ahí pasa a un sedimentador secundario, para finalmente tener un efluente que cumpla con los parámetros de acuerdo a los límites establecidos.

Mediante la implementación de este sistema de tratamiento, la carga contaminante se reducirá por debajo de los límites establecidos, con lo cual, se estará cumpliendo con la normativa establecida, disminuyendo así la carga contaminante de las aguas de faenamiento producidas en el Camal Municipal Frigorífico Riobamba.

Se debería tener en cuenta los varios estudios con respecto al ambiente que allí se han realizado, así como esta investigación, que expone una propuesta para disminuir la contaminación del agua que se está generando en esta empresa.

## SUMMARY

This research is about the design of a sewage system for the sheep area at municipal slaughterhouse from Riobamba

The development of this research is experimental by using induction as a logical process, which starts with the observation of slaughterhouse process and then make a diagnosis; in deduction it starts with the design and finishes with the description of each treatment stage, and as an essential part is experimental method where some samples and data were taken, for this, different materials as: containers, a thermometer and stopwatch were used.

Then an analysis of these water was carried out at “ESPOCH Water Technical analysis laboratory” this revealed that the results gotten from this area contain a high concentration of DBO 1443,35 mg/L, 3442 mg/L DQO, 1890,30 mg/L Suspended solids, 8454 mg/L Total solids, which are found out of the limits of environmental regulation (TULAS)

Then the calculation belonging to the design of a sewage system was carried out, which consists on a pretreatment such as grids, a primary treatment such as sedimentation, following with an activated sludge treatment, then it passes to a secondary settler for getting an effluent that meets the parameters according to the established limits.

By means of the implementation of this treatment system, the polluting charge will be reduced under the established limits, in this way it complies with the established regulations, thereby reducing the polluting charge of slaughtering water at municipal slaughterhouse from Riobamba.

Several environmental studies should be taken into account, as well as this research which states a proposal to reduce water pollution in this company.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad ha crecido notablemente el deseo de conservación del ambiente y de los recursos naturales ya que estos han sido notablemente deteriorados por las cotidianas actividades de los seres humanos en busca de bienes materiales sin darse cuenta que por su desmedida ambición se están terminando los recursos, contaminando la naturaleza desmesuradamente.

El agua es el motor de desarrollo de la vida y fuente de riqueza constituye el pilar fundamental para el progreso del hombre sin embargo, este recurso vital es el más contaminado ya que la mayor parte de vertidos, generados por el hombre son arrojados hacia ríos, lagos y riachuelos los cuales desembocan en el mar afectando la vida acuática y toda la flora y fauna alrededor de los mismos.

Uno de los recurso más utilizado es el agua, para el desarrollo de las diversas actividades diarias como también en muchos procesos industriales, es así, que el Camal Frigorífico Riobamba es una de las tantas empresas que desarrolla sus actividades sin darle mayor importancia al ambiente ya que no cuentan con un manejo adecuado para sus residuos tanto sólidos como líquidos estos son eliminados como restos comunes sin darle mayor importancia, no obstante se descargan al alcantarillado público un gran cantidad de contenido estomacal e intestinal de cientos de bovinos faenados diariamente en el camal,

razón por la cual se ha visto en la necesidad de darles un manejo adecuado a este tipo de efluentes para que en gran parte disminuir la contaminación del recurso hídrico que cada día es más escaso e imprescindible para las actividades cotidianas del ser humano.

Para la realización de esta investigación, iniciamos visitando el CMFR para poder observar y determinar la problemática que se va a tratar, identificado el problema tomamos muestras de las aguas residuales, para realizar los respectivos análisis e identificar si los diversos parámetros que este tipo de efluente se encuentran dentro de los niveles establecidos por el TULAS, y de esta manera poder determinar el mejor tratamiento para eliminar la mayor parte de los contaminantes contenidos en este efluente antes de ser arrojado, a la red de alcantarillado público.

Realizado los análisis e identificado las diferentes variables procedemos diseñar el tratamiento más óptimo para este tipo de efluentes, mediante cálculos de ingeniería correspondientes para el dimensionamiento de la planta, la misma que contendrá un pretratamiento, la homogenización y tamizado del agua residual, para proseguir con una aireación, sedimentación, y terminar con una filtración, este tratamiento contempla una serie de operaciones unitarias, procesos y equipos específicos.



## ANTECEDENTES

La ciudad de Riobamba, capital de la provincia de Chimborazo, cuya población es de 120.101 habitantes ubicada entre las coordenadas 78°37'55", se caracteriza por ser un centro de intercambio comercial estratégico en la zona central del país en donde el ejercicio comercial se desarrolla en torno a los productos agrícolas y pecuarios.

La ciudad cuenta con varias industrias una de ellas es la que se encuentra ligada al Ilustre Municipio de Riobamba la cual es el Camal Frigorífico Riobamba, el cual fue construido durante los años 1977 a 1979 debido a la necesidad de requerimiento de carne faenada, en tiempos anteriores fue considerado uno de los mejores camales del país, es una entidad que trabaja en beneficio de la población de la provincia de Chimborazo y de sus alrededores.

El Camal Frigorífico Riobamba es una entidad que presta sus servicios a la comunidad, las instalaciones de la planta ocupan una superficie de 12662m<sup>2</sup>, actualmente se faena un promedio de 1600 bovinos, 3600 ovinos y 2772 porcinos al mes, el camal trabaja actualmente con aproximadamente 222 empleados, el objetivo principal del camal es brindar al consumidor una carne con condiciones óptimas para el consumo humano.

Anexo al camal funciona la plaza de ganado, la misma que se halla dividida en secciones de bovinos, ovinos y porcinos la cual se comercializa los animales introducidos de las diferentes partes del país.

El personal encargado de la administración es muy consciente de que en el camal se generan una gran cantidad de contaminantes ya que todas las actividades que aquí se desarrollan contribuyen al aumento de la contaminación ambiental.

Tanto en el área de faenamiento, de lavado de vísceras, tanto de bovino, porcinos, y ovinos, generan aguas residuales que desembocan directamente a la red de alcantarillado público, de igual manera los residuos sólidos se ven presentes en grandes cantidades esta planta.

El agua residual que se genera el área de faenamiento y lavado de viseras de bovinos lleva consigo una gran cantidad de contenido estomacal de los bovinos este es llamado rumen, este se mezcla con restos fecales, algunas partes de intestinos desechados y sangre que proviene del área de sacrificio de los bovinos, este efluente sin un tratamiento previo es directamente vertido hacia la red de alcantarillado público y estas aguas son vertidas al colector el cual desemboca al río más aledaño, esta acción contribuye directamente a la contaminación del agua, aumentando considerablemente los niveles de DBO y DQO, en el agua, en el aire generación de malos olores y a la presencia de insectos portadores de enfermedades y parásitos.

Actualmente no se han encontrado registros sobre estudios de tratamientos de aguas residuales en el camal, sin embargo se han reportado algunos trabajos relacionados con la

problemática ambiental que se está generando el camal actualmente, es así que en el año 2003 la Srta. Angélica Tasambay desarrolla su tesis para su maestría en protección ambiental titulada Implementación del Sistema de Gestión Ambiental para residuos Sólidos en el CMFR, en el mismo año y en la misma especialidad el Doctor José Gerardo León desarrolla el tema de su tesis titulada Implementación del Sistema de Gestión Ambiental para residuos Líquidos en el Camal Frigorífico Municipal Riobamba, la cual abarca la problemática sobre el vertido de efluentes, estos son los únicos registros relacionados.

## JUSTIFICACIÓN

En los últimos años ha aumentado la conciencia sobre la importancia de la conservación del ambiente ya que todas las actividades que realiza el hombre se ven estrechamente relacionadas con la utilización de los recursos naturales por lo cual es imprescindible cuidar y mantener el ambiente.

Más allá de los problemas generados por las grandes capitales, las pequeñas ciudades se han preocupado más por valorar la necesidad de preservar su ambiente, la generación de residuos y la producción de efluentes históricamente se ha resuelto considerando la concepción de que la naturaleza es un gran vertedero con la infinita capacidad de depurar y asimilar cualquier residuo que a ella sea arrojado, con el transcurrir del tiempo esta concepción no ha cambiado mucho ya que en la actualidad pocas son las ciudades que se preocupan por la preservación del ambiente.

El Camal Frigorífico Municipal Riobamba es una empresa que genera una serie de contaminantes, sólidos, líquidos y gaseosos que son principalmente de origen orgánico estos provocan una serie de problemas ambientales tanto a los recursos hídricos, como al suelo y al aire ya que actualmente no se le da un manejo adecuado para su disposición final.

Tomando en cuenta estos aspectos es necesario darle un manejo adecuando a estos contaminantes es por lo cual realizaremos el Diseño de un Sistema de Tratamientos de Aguas Residuales para disminuir la producción de contaminantes generados por el Camal Frigorífico Riobamba.

## **OBJETIVOS**

### **General:**

- Realizar el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el área de bovinos en el Camal Frigorífico municipal Riobamba

### **Específicos:**

- Efectuar el diagnóstico del área de faenamiento y lavado de viseras de los bovinos en el camal
- Caracterizar las aguas residuales provenientes del área de faenamiento y lavado de viseras del camal
- Identificar las variables que intervienen en dicho proceso
- Realizar el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales

# **CAPÍTULO I**

## **1. MARCO TEORICO**

### **1.1 El Agua**

“El agua, como motor de desarrollo y fuente de riqueza, ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre.

La ordenación y gestión de los recursos hídricos, que ha sido desde siempre un objetivo prioritario para cualquier sociedad, se ha realizado históricamente bajo directrices orientadas a satisfacer la demanda en cantidades suficientes, bajo una perspectiva de política de oferta.

El incremento de la oferta de agua como herramienta para el impulso económico, el mayor nivel de contaminación, irremisiblemente asociado a un mayor nivel de desarrollo, algunas características naturales (sequías prolongadas, inundaciones) y en definitiva una sobreexplotación de los recursos hídricos, han conducido a un deterioro importante de los mismos.

Esto ha hecho necesario un cambio en los planteamientos sobre política de aguas, que han tenido que evolucionar desde una simple satisfacción en cantidad de las demandas, hacia una gestión que contempla la calidad del recurso y la protección del mismo como garantía de un abastecimiento futuro y de un desarrollo sostenible.

La ley de aguas de 1985 y su modificación por la ley 46/1999 de 13 de diciembre, junto con la nueva directiva macro europea para la política de agua suponen un cambio importante en

los conceptos y criterios utilizados en la planificación hidrológica e introducen la calidad de las aguas y la protección de los recursos hídricos como puntos fundamentales para estructurar dicha planificación.”<sup>1</sup>

### 1.1.1 Características Principales del Agua

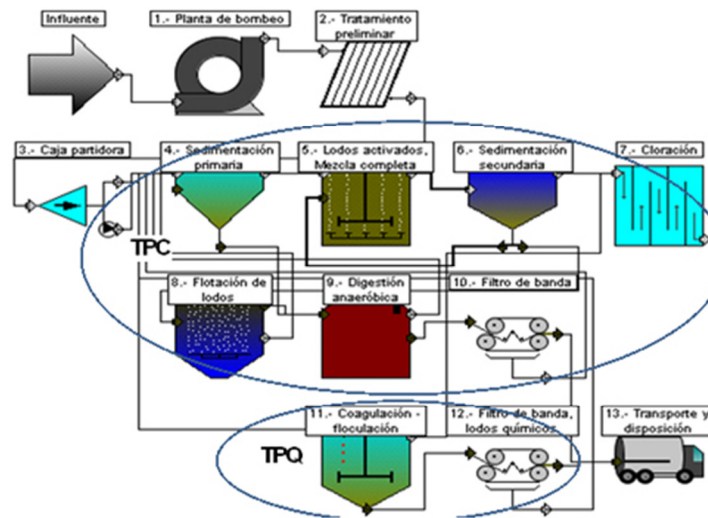
**TABLA 1.1.1-1**

Principales Características del Agua

<b>Tipo de agua /Características</b>		<b>Agua Potable</b>	<b>Agua Residual</b>
<b>Físicas</b>	Color	incolora	negro o gris
	Olor	inodoro	desagradable
	Temperatura	18°C	10-20°C
<b>Químicas</b>	Densidad	0,999Kg/L	1,07Kg/L
	Sólidos en suspensión	ausencia	presencia
	Compuestos en disolución	ausencia	presencia
	Componentes gaseosos	ausencia	presencia
<b>Biológicas</b>	Microorganismos	ausencia	presencia
	Coliforme Fecal(UFC/100ml)	2000	2000<
	Coliforme Total (UFC/10ml)	20000	20000<

Fuente: VALENCIA J., 2012

## 1.2 Tratamiento de Aguas Residuales



**Fig. 1.2.1 Planta de Tratamiento de aguas residuales**

“El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reusó. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento de aguas potables.

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías y eventualmente bombas a una planta de tratamiento municipal.”<sup>2</sup>



## **1.2.1 Etapas del Tratamiento**

### **1.2.1.1 Tratamiento Primario**

El tratamiento primario es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria, de ahí conocido también como tratamiento mecánico.

#### **1.2.1.1.1 Desbaste**

Consiste habitualmente en la retención de los sólidos gruesos del agua residual mediante una reja, manual o autolimpiante, o un tamiz, habitualmente de menor paso o luz de malla. Esta operación no sólo reduce la carga contaminante del agua a la entrada, sino que permite preservar los equipos como conducciones, bombas y válvulas, frente a los depósitos y obstrucciones provocados por los sólidos, que habitualmente pueden ser muy fibrosos: tejidos, papeles, etc.

#### **1.2.1.1.2 Remoción de Sólidos**

En el tratamiento mecánico, el afluente es filtrado en cámaras de rejillas para eliminar todos los objetos grandes que son depositados en el sistema de alcantarillado, tales como trapos, barras, compresas, tampones, latas, frutas, papel higiénico, etc. Éste es el usado más comúnmente mediante una pantalla rastrillada automatizada mecánicamente. Este tipo de basura se elimina porque esto puede dañar equipos sensibles en la planta de tratamiento de aguas residuales, además los tratamientos biológicos no están diseñados para tratar sólidos.

#### **1.2.1.1.3 Remoción de Arena**

Esta etapa (también conocida como escaneo o maceración) típicamente incluye un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta tomen partículas, pero todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo. Este equipo es llamado colector de arena. La arena y las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento.

#### **1.2.1.1.4 Sedimentación**

Muchas plantas tienen una etapa de sedimentación donde el agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares. Estos tanques son comúnmente llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios. Los tanques son lo suficientemente grandes, tal que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse. El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que puede ser tratado separadamente.

#### **1.2.1.2 Tratamiento Secundario**

El tratamiento secundario es designado para substancialmente degradar el contenido biológico de las aguas residuales que se derivan de la basura humana, basura de comida, jabones y detergentes. La mayoría de las plantas municipales e industriales trata el licor de las aguas residuales usando procesos biológicos aeróbicos. Para que sea efectivo el proceso biótico, requiere oxígeno y un substrato en el cual vivir.

#### **1.2.1.2.1 Fangos Activos**

Las plantas de fangos activos usan una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven substancialmente materia orgánica. También puede atrapar partículas de material y puede, bajo condiciones ideales, convertir amoníaco en nitrito y nitrato, y en última instancia a gas nitrógeno.

#### **1.2.1.2.2 Camas Filtrantes (camas de oxidación)**

Filtro oxidante en una planta rural. Se utiliza la capa filtrante de goteo utilizando plantas más viejas y plantas receptoras de cargas más variables, las camas filtrantes son utilizadas donde el licor de las aguas residuales es rociado en la superficie de una profunda cama compuesta de coque (carbón, piedra caliza o fabricada especialmente de medios plásticos).

#### **1.2.1.2.3 Placas Rotativas y Espirales**

En algunas plantas pequeñas son usadas placas o espirales de revolvimiento lento que son parcialmente sumergidas en un licor. Se crea un flóculos bióticos que proporciona el substrato requerido.

#### **1.2.1.2.4 Reactor Biológico de Cama Móvil**

El reactor biológico de cama móvil (MBBR, por sus siglas en inglés) asume la adición de medios inertes en vasijas de fangos activos existentes para proveer sitios activos para que se adjunte la biomasa. Esta conversión hace como resultante un sistema de crecimiento.

#### **1.2.1.2.5 Reactores Biológicos de Membrana MBR**

Es un sistema con una barrera de membrana semipermeable o en conjunto con un proceso de fangos. Esta tecnología garantiza la remoción de todos los contaminantes suspendidos y algunos disueltos. La limitación de los sistemas MBR es directamente proporcional a la eficaz reducción de nutrientes del proceso de fangos activos. El coste de construcción y operación de MBR es usualmente más alto que el de un tratamiento de aguas residuales convencional de esta clase de filtros.

#### **1.2.1.2.6 Sedimentación Secundaria**

El paso final de la etapa secundaria del tratamiento es retirar los flóculos biológicos del material de filtro, y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida. En una planta de tratamiento rural, se realiza en el tanque de sedimentación secundaria.

#### **1.2.1.3 Tratamiento Terciario**

El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.) Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente.

##### **1.2.1.3.1 Filtración**

La filtración de arena remueve gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración remueve las toxinas residuales.

#### **1.2.1.3.2 Lagunaje**

El tratamiento de lagunas proporciona el establecimiento necesario y fomenta la mejora biológica de almacenaje en charcos o lagunas artificiales. Se trata de una imitación de los procesos de autodepuración que somete un río o un lago al agua residual de forma natural. Estas lagunas son altamente aerobias y la colonización por los macrophytes nativos, especialmente cañas, se dan a menudo. Los invertebrados de alimentación del filtro pequeño tales como Daphnia y especies de Rotifera asisten grandemente al tratamiento removiendo partículas finas. El sistema de lagunaje es barato y fácil de mantener pero presenta los inconvenientes de necesitar gran cantidad de espacio y de ser poco capaz para depurar las aguas de grandes núcleos.

#### **1.2.1.3.3 Tierras Húmedas Construidas**

Las tierras húmedas construidas incluyen camas de caña y un rango similar de metodologías similares que proporcionan un alto grado de mejora biológica aerobia y pueden ser utilizados a menudo en lugar del tratamiento secundario para las comunidades pequeñas, también para la fitoremediación.

#### **1.2.1.3.4 Remoción de Nutrientes**

Las aguas residuales poseen nutrientes pueden también contener altos niveles de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que eso en ciertas formas puede ser tóxico para peces e invertebrados en concentraciones muy bajas (por ejemplo amoníaco) o eso puede crear condiciones insanas en el ambiente de recepción (por ejemplo: mala hierba o crecimiento de algas).

#### **1.2.1.3.5 Desinfección**

El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, pH, etc.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales.

### **1.3 Diseño**

#### **1.3.1 Caudal**

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

El caudal se puede calcular de la siguiente manera

$$Q = V / t \qquad \text{Ec. 1.3.1-1}$$

Dónde:

V = volumen (m<sup>3</sup>)

t = tiempo (s)

Esta fórmula permite saber la cantidad de líquido que pasa por un conducto en cierto intervalo de tiempo o determinar el tiempo que tardará en pasar cierta cantidad de líquido.

Para el dimensionamiento de la planta de tratamientos se necesita conocer la cantidad de agua por bovino que se utiliza para lo cual se tomó los respectivos caudales, de las válvulas de agua para la línea de bovinos, mismo que se tomó el día de mayor faenamiento que es el día sábado.

#### **1.3.1.1 Consumo de Agua**

Para calcular la cantidad de agua residual generada por la línea de bovinos se tiene que multiplicar la cantidad de agua consumida por bovino por la cantidad de ejemplares faenados y se tiene:

$$Q = \frac{L}{\text{Bovino}} * \text{N}^\circ \text{bovinos faenados} \quad \text{Ec. 1.3.1.1-1}$$

Dónde:

Q = caudal (L o m<sup>3</sup>)

#### **1.3.1.2 Usos industriales del agua**

El uso del agua por parte de las industrias, junto al consumo agrícola es causante de la problemática para el género humano, esto se debe a que generalmente al auge tremendo que tiene el consumo industrial de agua en los últimos 20 años, debido al desarrollo de estos sectores utilizan más agua. En los usos industriales se debe destacar el problema de la contaminación, la calidad de las aguas que reciben vertidos procedentes de industrias es un problema que se debe estudiar con especial detenimiento, puesto que se trata de aguas con altas dosis de contaminación que necesitan un tratamiento adecuado y específico. Por lo contrario y a diferencia de lo que ocurre en las aguas de uso doméstico, la calidad que se exige a las aguas para uso industrial suele ser menor salvo algunas industrias. Cada

industria requiere según las características de cada una, aguas apropiadas en caudal suficiente y de composición constante con exigencias de calidad variables.

Cualquiera que sea la industria el agua se utiliza fundamentalmente para cuatro fines siguientes:

- a) Como materia prima en el procesos de fabricación
- b) Como forma de transporte
- c) Como elemento de transferencia de calor o frío
- d) Como contenedor de vertidos industriales que es el más común

El consumo de agua en MATADEROS (PÚBLICOS O PRIVADOS) se calcula de acuerdo con el número y clase de animales a beneficiar, así:

<b>Clase de animal</b>	<b>Dotación diaria</b>
Bovinos	500 L/d x animal
Porcinos	300 L/d x animal
Ovinos y caprinos	250 L/d x animal
Aves en general	16 L/d x animal

#### **1.3.1.2.1 Índice de Consumo de Carne ICC**

El consumo de carne para una población se puede determinar mediante la siguiente formula



$$\text{ICC} = \text{N}^{\circ} \text{ rese faenadas} * \text{Peso Promedio} \quad \text{Ec. 1.3.1 .2.1-1}$$

El consumo por habitante se determina mediante la siguiente expresión:

$$\text{ICC} = \text{Consumo de carne} / \text{Poblacion actual} \quad \text{Ec. 1.3.1.2.1-2}$$

Población = 2017616 habitantes.

#### **1.3.1.2.2 Demanda Futura DF**

El consumo futuro se puede estimar mediante la siguiente expresión

$$\text{DF} = \text{P futura} * \text{ICC} \quad \text{Ec. 1.3.1.2.2-1}$$

Dónde:

P futura = población futura a 20 años (2717426 habitantes)

ICC = índice de consumo de carne (lb)

#### **1.3.1.2.3 Caudal Futuro**

El caudal futuro de agua que se consumirá se puede establecer mediante el uso de la siguiente expresión

$$\text{Futuro} = \text{DF} * \text{CAA} \quad \text{Ec. 1.3.1.2.3-1}$$

Dónde:

Qfuturo = caudal futuro m<sup>3</sup>/d

DF = Demanda futura

CAA = consumo de agua por animal (L/bovino)

### **1.3.2 Rejillas**

“Generalmente tienen aberturas (separación entre barras) superiores a ½ pulg. (12,5 mm).

En los procesos de tratamiento del agua residual, las rejillas se utilizan para proteger bombas, válvulas, tuberías y otros elementos, contra posibles daños y obstrucciones ocasionados por objetos de gran tamaño como trapos y palos. De acuerdo con el método de limpieza, los tamices y las rejillas se clasifican como de limpieza manual y mecánica. Las rejillas de limpieza manual se usan con bastante frecuencia en plantas de tratamiento pequeñas, solo son removidos por las rejillas se colocan sobre una bandeja perforada para su deshidratación. Las rejillas mecánicas emplean cadenas sin fin, cables o mecanismos con ruedas dentadas reciprocantes que mueven un rastrillo empleado para remover los residuos acumulados por las rejillas.”<sup>3</sup>

#### **1.3.2.1 Consideraciones de Diseño**

La información básica para el diseño convencional de rejillas manual o mecánica se presenta en la siguiente tabla.

**TABLA 1.3.2.1-1**

Información usual para el diseño de rejillas de limpieza mecánica y manual

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Limpieza Manual</b>	<b>Limpieza Automática</b>
Tamaño de la barra			
Ancho	Pulg	0,2-0,6	0,2-0,6
Profundidad	Pulg	1,0-1,5	1,0-1,5
Espaciamiento entre barras	Pulg	1,0-2,0	0,6-3,0
Inclinación con la vertical	Grado	30-45	0-30
Velocidad de aproximación	pie/s	1,0-2,0	2,0-3,25
Pérdidas admisibles	Pulg	6	6

Fuente: CRITES R. /TCHOBONOGLOUS G., Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones

### 1.3.2.2 Determinación del Área entre Barras

Para determinar la velocidad de entrada al área libre entre las barras ( $A_L$ ) será

$$A_L = \frac{Q}{V_{RL}} \quad \text{Ec. 1.3.2.2-1}$$

### 1.3.2.3 Área de la Sección Transversal del Flujo ( $A_f$ )

El área de la sección transversal se determina mediante la siguiente expresión

$$A_f = A_L \left( \frac{a+t}{a} \right) \quad \text{Ec. 1.3.2.3-1}$$

Dónde:

$A_f$  = área del flujo

$a$  = separación entre barras

$t$  = espesor de las barras

#### **1.3.2.4 Longitud Sumergida de la Rejilla**

Para determinar la longitud de la rejilla sumergida se necesita conocer el nivel máximo de agua para lo cual se determina mediante la siguiente expresión.

$$d_{max} = \frac{Q}{V_{RL} * B} \quad \text{Ec. 1.3.2.4-1}$$

Para la longitud

$$L_s = \frac{d_{max}}{\text{sen } \theta^\circ} \quad \text{Ec. 1.3.2.4-2}$$

Dónde:

$d_{max.}$  = nivel máximo (m)

$V_{RL}$  = velocidad de aproximación (m/s)

$B$  = ancho de la rejilla (m o cm.)

$\theta^\circ$  = grado de inclinación de las rejillas

### 1.3.2.5 Número de Barras

Si  $N^\circ$  es el número de barras que conforman la reja entonces se puede determinar mediante la siguiente expresión

$$(N^\circ + 1)a + N^\circ(t) = B \quad \text{Ec. 1.3.2.5-1}$$

Despejando tenemos

$$N^\circ = \frac{B-a}{a+t} \quad \text{Ec. 1.3.2.5-2}$$

### 1.3.2.6 Cálculo de la Pérdida de Carga a Través de las Rejillas

Las pérdidas hidráulicas a través de las rejillas son una función de la velocidad de aproximación del fluido y de la velocidad del flujo a través de los barrotes. Las pérdidas de carga a través de una rejilla se pueden estimar por medio de la ecuación de Metcalf y Eddy

$$h_L = \frac{1}{0,7} \left( \frac{V^2 - va^2}{2g} \right) \quad \text{Ec. 1.3.2.6-1}$$

Dónde:

$h_L$  = pérdida de carga, pies (m)

0,7 = coeficiente empírico que incluye pérdidas por turbulencia y formación de remolinos

$V$  = velocidad de flujo a través del espacio entre barras de la reja pies/s (m/s)

$va$  = velocidad de aproximación del fluido hacia la reja pies/s (m/s)

$g$  = aceleración de la gravedad  $\text{pie/s}^2$  ( $\text{m/s}^2$ )

Las pérdidas de carga calculadas con la ecuación 1.3.2.6-1 solo pueden ser aplicadas en caso que las rejillas estén limpias ya que las pérdidas de carga aumentan en la medida en que las rejillas se van saturando con los residuos retenidos. Las pérdidas de carga en el diseño de rejillas se pueden estimar suponiendo que parte del espacio disponible para el flujo del agua a tratar se encuentra obstruido. Para lo cual, se utilizará la ecuación para un orificio la cual se da a continuación.

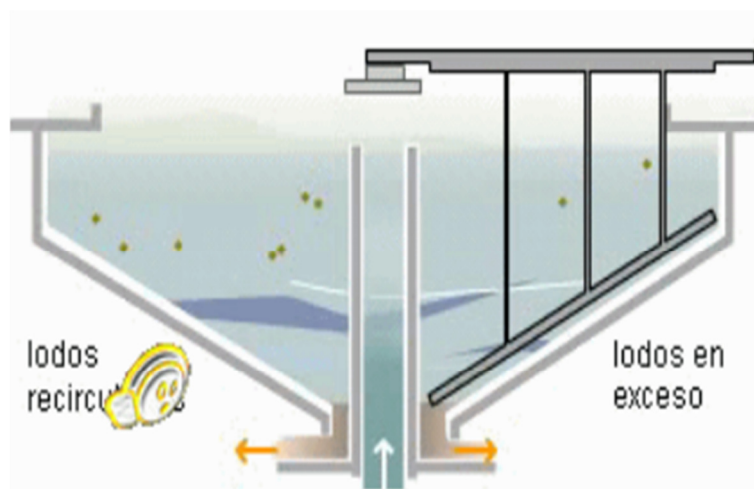
$$h_L = \frac{1}{C} \left( \frac{V^2 - va^2}{2g} \right) \quad \text{Ec. 1.3.2.6-2}$$

Podemos suponer que el coeficiente de flujo para la rejilla obstruida es 0,6 aproximadamente.

Dónde:

C = coeficiente de flujo para rejilla obstruida.

### 1.3.3 Sedimentación



**Fig. 1.3.3-1 Sedimentador**

“La sedimentación consiste en la separación por acción de la gravedad de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Es una de las operaciones unitarias más utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales. Los términos sedimentación y decantación se utilizan indistintamente.

Esta operación se emplea para la eliminación de arenas, materia en suspensión en flóculos biológicos en los decantadores secundarios en los procesos de fango activo, tanques de decantación primaria de los flóculos químicos cuando se emplea la coagulación química y para la concentración de sólidos en los espesadores de fangos. En la mayoría de los casos el objetivo principal es la obtención de un efluente clarificado pero también es necesario producir un fango cuya concentración de sólidos permita su fácil tratamiento y manejo. En el proyecto de tanque de sedimentación es preciso prestar atención tanto a la obtención de un efluente clarificado como a la producción de un fango concentrado.”<sup>4</sup>

#### **1.3.3.1 Parámetros de Diseño**

El tamaño de los tanques de sedimentación tipo Durtmund según Metcalf-Eddy el diámetro de un sedimentador puede variar entre 5,6 a 6,0 m aunque frecuentemente los hay de 12 a 30 metros.

**TABLA 1.3.3.1-1**

Estándares de diseño para sedimentadores primarios

<b>Referencia</b>	<b>Carga Superficial m/d</b>	<b>Tiempo de retención</b>	<b>Profundidad m</b>	<b>Carga sobre el vertedero L/s.m</b>
Metcalf & Eddy	32-48	1,5-2,5	3-5	1,4-5,8
Normas de diez estados	41	-	> 2,1	<2,2
Manual del ejercito naval de los EE.UU	49 12-41	- 2,5	3 2,5-4,5	<14
Steel & McGhree	24-60	1-2	1-5	0,7-1,7
Fair et al	-	2	3	-
Sundstrom & Klei	-	1-4	-	-
USEPA	24-49	-	3-5	-
Tchonobanoglous & Schoreder	30-60	-	3-5	-
IWCP	30-45	2	>1,5	1,2-5,2

Fuente: ROMERO J., Tratamiento de Aguas residuales

**1.3.3.2 Dimensionamiento****1.3.3.2.1 Cálculo del Área del Sedimentador**

Para determinar el área superficial del sedimentador se obtiene utilizando la siguiente expresión según Metcalf-Eddy

$$Carga = \frac{Q}{A} \quad \text{Ec. 1.3.3.2.1-1}$$

Despejando de la ecuación anterior tenemos el área para el sedimentador:

$$A = \frac{Q}{Carga} \quad \text{Ec. 1.3.3.2.1-2}$$



Dónde:

A = área (m<sup>2</sup>)

Q= caudal (m<sup>3</sup>/h)

Carga = carga superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>dia)

La carga superficial que se utilizará para realizar los cálculos correspondientes se toma de la tabla 1.3.3.2.1-1 valor se utiliza para aguas residuales sin tratamiento, para esta investigación se toma el valor de 24(m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>dia).

**TABLA 1.3.3.2.1-1**

Valores recomendados de la carga superficial para distintas suspensiones

Suspensión	Carga superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d)	
	Intervalo	Caudal Punta
Agua residual sin tratar	<b>24-48</b>	48
Flóculos de sulfato de alúmina	14-24	24
Flóculos de hierro	21-32	32
Flóculos de cal	21-48	48

Fuente: METCALF/EDDY. Tratamiento y depuración de aguas residuales

### 1.3.3.2.2 Cálculo del Diámetro

Para calcular el diámetro del sedimentador se utiliza la siguiente ecuación

$$A = \frac{\pi * \phi^2}{4} \quad \text{Ec. 1.3.3.2.2-1}$$

Para el radio tenemos:

$$A = \pi * r^2 \quad \text{Ec. 1.3.3.2.2-2}$$

Dónde:

A = área (m<sup>2</sup>)

r = radio (m)

Ø=diámetro (m)

Para determinar el radio del sedimentador se despeja el radio de la ecuación 1.3.3.2.2-2 y se tiene

$$r = \sqrt{A/\pi} \quad \text{Ec. 1.3.3.2.2-3}$$

De la ecuación 1.3.3.2.2-1 se despeja el diámetro para el sedimentador y se tiene

$$\varnothing = \sqrt{4 * A/\pi} \quad \text{Ec. 1.3.3.2.2-4}$$

### 1.3.3.2.3 Volumen

El volumen es la magnitud física que expresa la extensión de un cuerpo en sus tres dimensiones largo, ancho y altura.

$$V = L * a * h \quad \text{Ec. 1.3.3.2.3-1}$$

Dónde:

V = volumen del sedimentador (m<sup>3</sup>)

L = largo (m)

a = Ancho (m)

h = altura (m)

Para poder determinar el volumen del sedimentador se necesita utilizar la siguiente ecuación para determinar el área.

$$A = L * a \quad \text{Ec. 1.3.3.2.3-2}$$

Dónde:

A = área (m<sup>2</sup>)

L = largo del sedimentador (m)

a = ancho del sedimentador (m)

Aplicando la relación largo ancho 1/3 se tiene

$$L = 3a \quad \text{Ec. 1.3.3.2.3-3}$$

Reemplazando en la ecuación 1.3.3.2.3-2 queda de la siguiente manera:

$$A = 3a \times a$$

$$A = 3a^2$$

$$a = \sqrt{A/3} \quad \text{Ec. 1.3.3.2.3-4}$$

#### **1.3.3.2.4 Tiempo de Retención Hidráulico**

Por lo general los tanques de sedimentación primaria se proyectan para proporcionar un tiempo de retención entre 1,5 a 2,5 horas para el caudal medio del agua residual. Los tanque que proporcionan tiempos de retención menores (0,5 a 1 h) con menor eliminación de sólidos suspendidos se usan en ocasiones como tratamiento primario previo a las unidades de tratamiento biológico.

$$Tr = \frac{V}{Q} \qquad \text{Ec. 1.3.3.2.4-1}$$

Dónde:

Tr =Tiempo de retención (h)

V =Volumen (m<sup>3</sup>)

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/h)

#### **1.3.3.2.5 Área de la Sección Transversal**

Para la determinación del área de la sección transversal se utiliza el volumen del sedimentador y el largo de la misma.

$$At = \frac{V}{L} \qquad \text{Ec. 1.3.3.2.5-1}$$

Dónde:

At = área de la sección transversal (m<sup>2</sup>)

V = volumen del sedimentador (m<sup>3</sup>)

L = largo del sedimentador (m)

#### **1.3.3.2.6 Encontrando la Velocidad de Arrastre**

La velocidad de arrastre es importante en las operaciones de sedimentación. Las fuerzas actúan sobre las partículas de sedimentación son causadas por la fricción del agua que fluye sobre las mismas. En los tanques de sedimentación, las velocidades horizontales se deben mantener a niveles bajos de modo que las partículas no sean arrastradas desde el fondo del tanque. La velocidad crítica viene dada por la ecuación desarrollada por Camp a partir de estudios realizados por Shiedls.

$$V_h = [8K(s-1) g*d/f]^{1/2} \quad \text{Ec. 1.3.3.2.6-1}$$

Donde:

$V_h$  = Velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de las partículas (m/s)

K = constante de cohesión que depende del tipo de material arrastrado (0,04 para arena uní granular, 0,06 para material más aglomerado) para este caso se utilizara 0,05

s = densidad relativa de las partículas para el cálculo usaremos el valor 1,05

g = aceleración de la gravedad 9,8

d = diámetro de las partículas 0,01

f = los valores más utilizados para f factor de fricción de Darcy-Weisbach van desde 0,02 hasta 0,03 utilizaremos en este caso el ultimo valor

#### 1.3.3.2.7 Remoción de DBO y Sólidos Suspendidos

La eficiencia de la remoción de la DBO y los SST, en tanques de sedimentación primaria como función de la concentración del afluente y el tiempo de retención mediante una modelación matemática se obtuvo la siguiente expresión según Tchobonoglous.

$$R = \frac{t}{a+b*t} \quad \text{Ec. 1.3.3.2.7-1}$$

Dónde:

R = porcentaje remoción esperado %

t = tiempo nominal de retención h

a+b = constantes empíricas

**TABLA 1.3.3.2.7-1**

Valores de las constantes empíricas “a” “b”

Variable	a,h	B
DBO	0,018	0,020
SST	0,0075	0,014

Fuente: CRITES R./TCHOBANOGLIOUS G., Tratamiento de aguas para pequeñas poblaciones

#### 1.3.4 Tratamiento de Lodos Activos

Un sistema de lodos activados es un proceso biológico (bioproceso) utilizado para la depuración natural (biorremediación) de las aguas residuales. El tratamiento general con lodos activados consiste de dos partes:

- a. Un tratamiento aerobio de las aguas residuales, en el cual, un cultivo aeróbico de microorganismos en suspensión oxidan la materia orgánica.
- b. Una conjunto de procesos de biodegradación (oxidación de la materia orgánica disuelta) y biosíntesis (producción de nueva biomasa celular) cuya finalidad es la producción de un clarificado (agua sin materia orgánica en suspensión) bajo en DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), SS (Sólidos Suspendidos) y turbiedad.

Este es tratamiento primario por razones obvias, posteriormente un efluente secundario es separado del volumen principal de lodos activados, de las partes altas del clarificado, de donde, pasa a un tratamiento secundario en cual, el clarificado es re-oxigenado, filtrado y luego servido o vertido a una corriente natural o re-utilizado para agua de riego. En las partes bajas o fondos del sistema se acumulan los lodos o fangos; el exceso debe ser decantado y compactado mediante una línea o corriente de purga y otra parte usualmente es recirculada (recirculación) nuevamente hacia los fondos por una corriente de derivación. La derivación tiene por objetivo enriquecer y renovar la población de microorganismos activos. El fango activado se puede considerar como un cultivo mixto de microorganismos en suspensión, enriquecido por cantidad de materia orgánica en descomposición (biocenosis). Ésta unidad ecológica y estructural es comúnmente denominada flóculo y constituye el núcleo alrededor del cual, se desarrolla el proceso de depuración biológica.

Para el tratamiento de lodos activados necesitamos conocer todos los parámetros que involucran este tratamiento los cuales se presentan en el grafica a continuación.

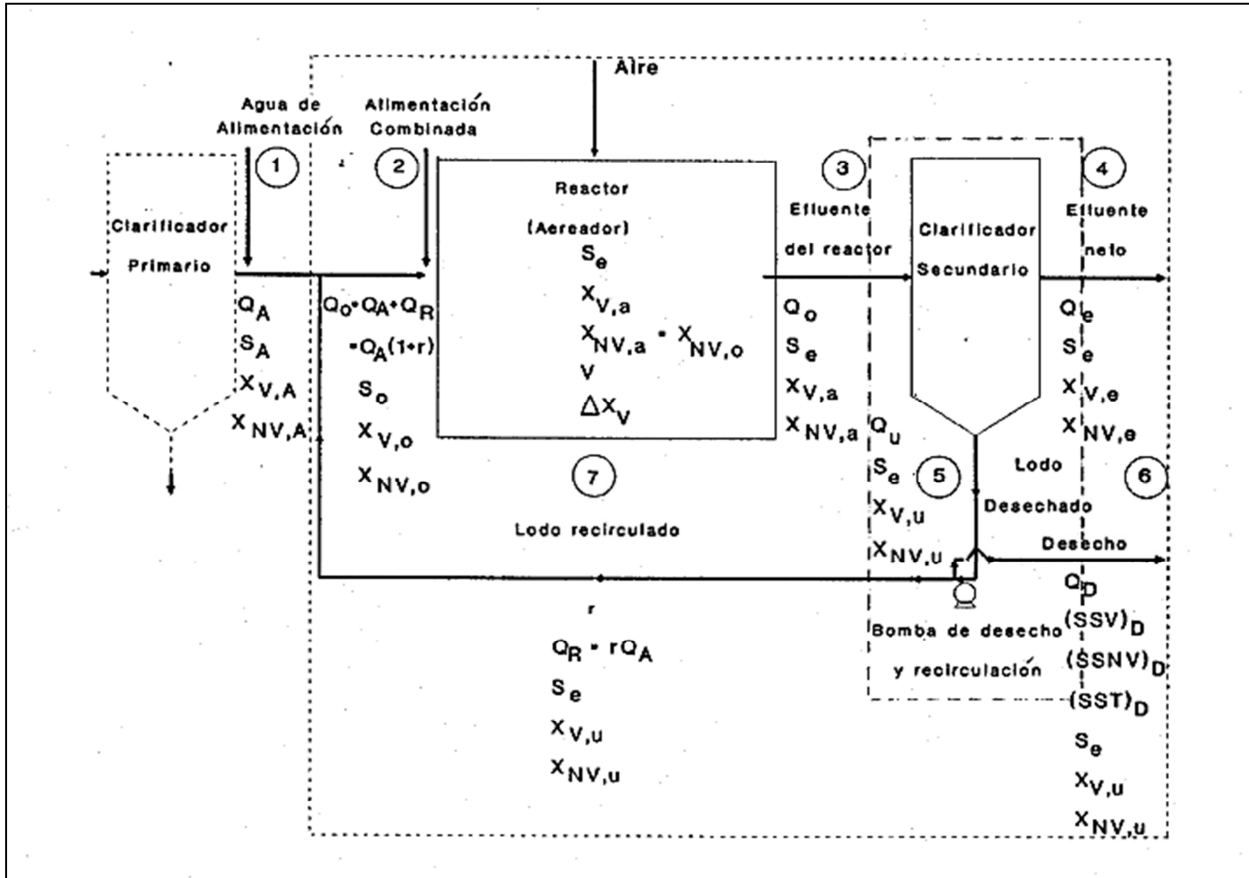


Fig. 1.3.4-1 Proceso convencional de Lodos Activados

#### 1.3.4.1 DBO Consumida

La alimentación inicial, esto es el agua residual a tratar penetra en el proceso con un valor de DBO consumida diariamente la que se puede determinar fácilmente por la siguiente según Ramalho

$$\frac{KgDBOr}{d} = 86,4Qf(S_f - S_e) \quad \text{Ec. 1.3.4.1-1}$$



Dónde:

$Q_f$  = caudal de entrada ( $m^3/s$ )

$S_f$  = DBO<sub>5</sub> a la entrada (mg/L)

$S_e$  = DBO<sub>5</sub> del afluente (mg/L)

#### **1.3.4.2 Potencia Preliminar**

“La suposición del valor preliminar de la potencia requerida puede hacerse mediante una estimación rápida que se describe a continuación. Lógicamente cuando más cerca de la realidad este valor de la potencia supuesta, más rápida será la convergencia del procesos interactivo descrito hasta aquí.

La regla de la estimación rápida de la potencia requerida establece que en las plantas de lodos activos se consume diariamente de 20 a 22 Kg de DBO<sub>5</sub> por HP”<sup>5</sup>

Según Ramalho se determina mediante la siguiente

$$HP = \frac{86,4Q_f(S_f - S_e)}{20 \text{ a } 22} \quad \text{Ec. 1.3.4.2-1}$$

#### **1.3.4.3 Tiempo de Retención Hidráulica**

El tiempo de retención hidráulica en el reactor se determina mediante dos criterios con el objeto de determinar cuál controla el diseño estos son los criterios:

- a) Caudal del efluente que debe cumplir con las especificaciones impuestas por las autoridades. La calidad del efluente depende del consumo de la DBO soluble.

$$t = (S_f - S_e) / k * X_{va} * S_e \quad \text{Ec. 1.3.4.3-1}$$

- b) Carga orgánica valorada a partir de la relación A/M de floculación y decantación optima del lodo

$$t = Sf/Xva * (A/M_{optimo}) \quad \text{Ec. 1.3.4.3-2}$$

Dónde:

Sf = DBO inicial (mg/L)

Se = DBO de salida o afluente (mg/L)

Xva = sólidos volátiles en el reactor (mg/L)

A/M<sub>óptimo</sub> = relación alimento/ microorganismo optimo (0,6 d<sup>-1</sup>)

#### 1.3.4.4 Volumen del Reactor

Para el caso del reactor se puede determinar el volumen del reactor mediante la siguiente expresión propuesta por Ramalho

$$V = Qf * t \quad \text{Ec. 1.3.4.4-1}$$

Dónde:

V = volumen (m<sup>3</sup>)

Qf = caudal entrada (m<sup>3</sup>/ s)

t = tiempo de retención hidráulica

#### 1.3.4.5 Demanda de Oxígeno

La demanda de oxígeno se determina mediante la siguiente expresión propuesta por Ramalho

$$\frac{KgO_2}{dia} = a86,4(Sf - Se)Qf + bXvaV \quad \text{Ec. 1.3.4.5-1}$$

Dónde:

Sf = DBO inicial (mg/L)

Se = DBO de salida o afluente (mg/L)

Xva = sólidos volátiles en el reactor (mg/L)

V = volumen (m<sup>3</sup>)

Qf = caudal entrada (m<sup>3</sup>/ s)

a = oxígeno requerido para la oxidación del sustrato (KgO<sub>2</sub>/d.KgMLVSS)

b = respiración endógena (KgO<sub>2</sub>/d)

#### 1.3.4.6 Selección de Aireadores y Disposición en los Tanques de Aireación

La selección de los equipos de aireación es una tarea crítica en el proceso de diseño de una planta de lodos o de un lagunaje aireado. Los aireadores pueden clasificarse en:

- a) Unidades de difusión de aire
- b) Aireadores de turbina
- c) Aireadores superficiales

Los dos primeros tipos de aireación son por borboteo de airea en zonas profundas de bolsas de aireación y se los conoce por el termino general aireadores por burbujeo. Cuando se compran los equipos de aireación es útil considerar el rendimiento de oxígeno.

En el proceso de aireación biológica, los aireadores llevan a cabo dos funciones básicas

- a) Favorecer la transferencia de oxígeno necesario para la oxidación de la materia orgánica del agua residual.
- b) Mantener un nivel adecuado de turbulencia en el reactor biológico, al objeto de conseguir concentraciones relativamente uniformes de oxígeno disuelto y de microorganismos en toda la masa liquida.

En los procesos de lodos activos, la mayor parte de consumo de energía de los aireadores es para la transferencia de oxígeno.

#### **1.3.4.6.1 Aireadores Superficiales**

“Las unidades de aireación de superficie se basan únicamente en el arrastre del oxígeno del aire atmosférico. A diferencia de los aireadores de turbina o de difusión, no hay un flujo o corriente de aire en estos sistemas.

Las mejoras introducidas en los aireadores superficiales han permitido optimizar la capacidad de transferencia de oxígeno, habiendo aumentado su uso en los últimos años. Se usan bastante en plantas de tratamientos de lodos activados y lagunas aireadas.

La base del funcionamiento de los aireadores es que el líquido se succiona por la parte inferior de la unidad, siendo luego esparcido hacia el exterior y hacia arriba por un rotor dentro de un tubo vertical.

Gran parte de los aireadores de superficie se fijan sobre vigas que se disponen a través de los tanques de aireación. También se pueden instalar flotantes, estando soportada toda la unidad por flotador de fibra de vidrio reforzada, relleno con espuma de plástico que la hace insumergible.

La transferencia de oxígeno en los aireadores de superficie se consigue por dos mecanismos

- a) **Mecanismo de turbulencia:** transferencia de oxígeno en la superficie turbulenta del líquido
- b) **Mecanismo de dispersión:** transferencia a las gotas esparcidas por las palas de la unidad.”<sup>6</sup>

Para poder determinar la cantidad de oxígeno transferido se necesita hacer una corrección para obtener el rendimiento de transferencia de oxígeno para un agua residual en condiciones de funcionamiento pueden obtenerse de la siguiente ecuación

$$(RT)_{real} = (RT)_{ref}(\alpha_{20^{\circ}C} \times 1,024^{T-20} \times \frac{\beta C_{s,s} - C_L}{9,2}) \quad \text{Ec. 1.3.4.6.2-1}$$

Dónde:

$(RT)_{ref}$  = transferencia de oxígeno al agua corriente en condiciones de referencia  
(KgO<sub>2</sub>/CV.h)

$\alpha$  = relación de la transferencia de oxígeno en agua residual a potable a la misma temperatura

$\beta$  = relación de concentración de saturación OD en el agua residual a la del agua potable o destilada generalmente 0,8 a 1,0

$C_L$  = concentración de operación de oxígeno disuelto (mg/L)

$C_{s.s}$  = concentración de saturación para el agua en la superficie

Siendo  $C_{s.r} = \beta C_{s.s}$  y en el cual  $C_{s.s}$  se ha corregido por las diferencias con respecto a la presión normal.

Se determina  $C_{s.s}$  mediante la siguiente expresión según Ramalho

$$C_{ss} = (C_{ss})_{760} \frac{P - P^v}{760 - P^v} \quad \text{Ec. 1.3.4.6.2-2}$$

Dónde:

$P$  = presión atmosférica de la ciudad de Riobamba (mmHg)

$P^v$  = presión de vapor de agua (mmHg)

Determinamos  $K$  de acuerdo a la siguiente expresión

$$K = (\alpha_{20^\circ\text{C}} * 1,024^{T-20} * \frac{\beta C_{ss} - C_L}{9,2}) \quad \text{Ec. 1.3.4.6.3-1}$$

Se supone la potencia específica Pv de 0,06 CV.h, y se lee los valores de (RT) ref en la tabla del Anexo IV, y se reemplaza en la siguiente ecuación propuesta por Ramalho y se tiene el (RT) real

$$(RT)_{\text{real}} = K * (RT)_{\text{ref}} \quad \text{Ec. 1.3.4.6.3-2}$$

Obtenido estos valores se puede determinar la potencia real requerida mediante la siguiente expresión

$$\text{Potencia} = \frac{O_2 \text{ requerido} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right)}{(RT)_{\text{real}} [\text{KgO}_2 / (\text{CV.h})]} \quad \text{Ec. 1.3.4.6.3-3}$$

Se recalcula la potencia mediante

$$P_v = \text{Potencia} / \text{Volumen} \quad \text{Ec. 1.3.4.6.3-4}$$

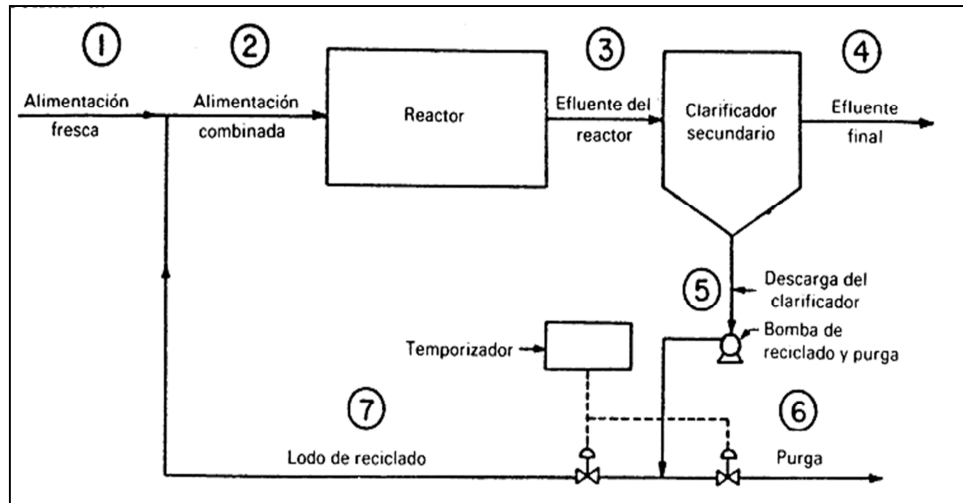
La disposición de los aireadores en los tanques de aireación se determina de acuerdo a la potencia y el diámetro de acción de los aireadores se leen en la tabla del Anexo IV, la superficie de acción y profundidad de los aireadores se determina mediante las siguientes expresiones. Se debe tener en cuenta los catálogos de los aireadores superficiales para estimar la superficie y la profundidad de acción del mismo.

$$\text{Superficie} = \text{longitud} \times \text{anchura} \quad \text{Ec. 1.3.4.6.3-5}$$

$$\text{Profundidad} = \text{Volumen} / \text{Superficie} \quad \text{Ec. 1.3.4.6.3-6}$$

### 1.3.4.7 Producción Neta de la Biomasa

La producción neta de la biomasa se extrae continuamente para mantener una concentración media constante ( $X_{va}$ ) de MLVSS en la cámara de aireación, para una planta real de lodo se recicla como se indica en la siguiente figura:



**Fig. 1.3.4.7-1 Disposición para la purga de lodo**

Una variable fundamental seleccionada por el diseñador es la concentración de  $X_{va}$ , de MLVSS en el reactor, normalmente  $X_{va}$  está comprendida entre 2000 y 3000 mg/L para el caso de una planta convencional de lodos activos. Se puede determinar la concentración neta de biomasa en el reactor mediante la siguiente expresión propuesta por Ramalho.

$$\Delta X_{va} = Y(S_f - S_e)Q_f - k_d * X_{va} * V \quad \text{Ec. 1.3.4.7-1}$$

Dónde:

$\Delta X_{va}$  = variación de la concentración de sólidos en el reactor (mg/L)

$Y$  = metabolismo celular (Kg MLVSS/ Kg sustrato total consumido)



#### 1.3.4.8 Cálculo de la Relación del Reciclado

Puede obtenerse una expresión de la relación del reciclado, estableciendo un balance de materia de lo VSS alrededor del clarificador secundario

$$r = \frac{Q_R}{Q_f} \quad \text{Ec. 1.3.4.7-1}$$

En condiciones de equilibrio se tiene

$$Q_f = (r + 1)X_{va} = Q_e X_{ve} + \Delta X_{va} + Q_f X_{ve} + r Q_f X_{vu} \quad \text{Ec. 1.3.4.7-2}$$

Simplificando y despejando r se tiene

$$r = \frac{Q_f X_{va} - \Delta X_{va} - Q_f X_{vf}}{Q_f (X_{vu} - X_{va})} \quad \text{Ec. 1.3.4.7-3}$$

Dónde:

$Q_e$  = caudal del efluente  $m^3/s$

$X_{ve}$  = sólidos volátiles en el efluente (mg/L)

$X_{vu}$  = sólidos volátiles de purga (mg/L).

#### 1.3.4.9 Cálculo de Varios Caudales

Se puede determinar los caudales restantes mediante el uso de las siguientes expresiones propuestas por Ramalho

- Para el caudal de recirculación

$$Q_r = r * Q_f \quad \text{Ec. 1.3.4.8-1}$$

- Caudal de alimentación combinada

$$Q_o = Q_f(r + 1) \quad \text{Ec. 1.3.4.8-2}$$

- Caudal de purga

$$Q_w = \frac{\Delta X_v + Q_f X_{vf} - Q_f X_{ve}}{X_{vu} - X_{ve}} \quad \text{Ec. 1.3.4.8-3}$$

- Caudal del efluente

$$Q_e = Q_f - Q_w \quad \text{Ec. 1.3.4.8-4}$$

- Caudal de descarga del clarificador

$$Q_u = Q_o - Q_e \quad \text{Ec. 1.3.4.8-5}$$

El tiempo de retención hidráulico para una planta de lodos convencional se encuentra entre el intervalo de 4-8 horas, debido a que el tiempo de retención hidráulica depende del reciclado es mucho más adecuado caracterizar un proceso aerobio que se lleva a cabo en un reactor continuo con reciclado en función del tiempo de retención basándose exclusivamente en la alimentación inicial, para lo cual utilizamos la siguiente expresión según Ramalho.

$$t_h = \frac{t}{(r+1)} \quad \text{Ec. 1.3.4.8-6}$$

### 1.3.5 Tanques Secundarios de Sedimentación

Los criterios para el diseño de sedimentadores secundarios se presentan a continuación

**TABLA 1.3.5-1**

Parámetros de diseño de sedimentadores secundarios

Tipo de tratamiento	Carga superficial m/d		Carga de sólidos Kg/d m <sup>2</sup>		Profundidad m
	Caudal promedio	Caudal pico	Caudal promedio	Caudal pico	
Sedimentación secundaria	16-29 <34	40-65 <65	100-150	245	3,7-4,6
Sedimentación secundaria	8-33	24-49	23-164	164-234	3-6
Sedimentación después del filtro percolador	16-24	41-49	-	-	3-3,7
Sedimentación después de lodos activados (excluyendo aireación prolongada)	16-32	41-49	98-147	245	3,7-4,6
Sedimentación después de aireación prolongada	8-16	32	98-147	245	3,7-4,6

Fuente: ROMERO J., Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño

“Los tanques de sedimentación secundaria son generalmente circulares pero se han construido en forma rectangular, cuadrados, hexagonales y octagonales; sin embargo esto no parece tener influencia sobre la calidad del efluente. El mecanismo de remoción más usado es el tipo de cadena y paletas metálicas, hoy preferiblemente de plástico el cual permite una remoción continua de sólidos. Para tanques circulares con tolvas, se recomienda una pendiente del fondo de 1/12; pero si se usa un piso plano para acomodar el mecanismo de remoción de lodos se aconseja disminuir la carga superficial en aproximadamente 7m/d.

La profundidad optima de un tanque de sedimentación secundaria depende de muchas variables, la tendencia actual es la de aumentar la profundidad para mejorar la eficiencia, pero reconociendo que un tanque poco profundo puedan operar con igual eficiencia que un tanque profundo si se mantiene un manto de lodos grueso mejora la concentración de sólidos del lodo y disminuye los requerimientos de recirculación y tratamiento posterior de ellos.”<sup>7</sup>

#### **1.3.5.1 Área de Sedimentador Secundario**

Para determinar el área superficial del sedimentador se obtiene utilizando la siguiente expresión según Metcalf-Eddy

$$A = Q/\text{carga} \qquad \text{Ec. 1.3.5.1-1}$$

Dónde:

$A$  = área ( $\text{m}^2$ )

$Q$  = caudal ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

Carga = carga superficial ( $\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$ )

La carga superficial que se utiliza para realizar los cálculos correspondientes será tomada de la tabla 1.3.5-1 valor se encuentra dentro de los parámetros de dimensionamiento para sedimentadores secundarios, para este caso se toma el valor de  $24(\text{m}^3/\text{m}^2\text{d})$ .

### 1.3.5.2 Diámetro del Sedimentador

Se determina mediante la siguiente ecuación

$$\phi = \sqrt{4 * A / \pi} \quad \text{Ec. 1.3.5.2-1}$$

El 25% del diámetro es el reparto central

$$R_{\text{central}} = \phi * 0,25 \quad \text{Ec. 1.3.5.2-2}$$

La profundidad la proponemos de acuerdo a los parámetros de diseño para sedimentadores secundarios de acuerdo a la tabla 1.3.5-1

La altura de reparto se toma  $\frac{1}{4}$  de la profundidad

$$H_{\text{reparto}} = \frac{1}{4} * \text{Profundidad} \quad \text{Ec. 1.3.5.2-3}$$

### 1.3.5.3 Vertederos de Salida

“Su diseño es usualmente muy variado, los hay para hacer que las aguas negras sedimentadas salgan en forma de una película delgada por la superficie del tanque y generalmente son ajustables. Es muy importante que estén nivelados para que la descarga o salida sea uniforme en su cresta, el término de carga del vertedero se usa para expresar los metros cúbicos que pasan diariamente sobre un metro del vertedero. En las plantas de capacidad menor a 4000 m<sup>3</sup> por día, la carga del vertedero no debe ser mayor a 133 m<sup>3</sup>/m de vertedero y por día, lo cual puede aumentarse hasta 200 en las plantas más grandes.”<sup>8</sup>

Para poder determinar la carga sobre el vertedero se utiliza la siguiente ecuación

$$\text{Carga vertedero} = \frac{Q}{\pi * \phi} \quad \text{Ec. 1.3.5.3-1}$$

Dónde:

$Q$  = caudal ( $m^3/s$ )

$\varnothing$  = diámetro (m)

### **1.3.6 Norma Ambiental**

Para la evaluación realizada se ha hecho en base a la comparación de los parámetros contemplados en el Texto unificado de Legislación Secundaria Ambiental, Libro VI, Anexo I, Tabla 11, Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Anexo XIII

### **1.3.7 Ordenanza Municipal**

La ordenanza municipal para la prevención y control de la contaminación por desechos industriales, de servicios florícolas y otros de carácter peligrosos generados por fuentes fijas del cantón Riobamba, Registro Oficial N° 441, fue aprobada en Octubre del año 2004 Anexo XIV, la cual nunca se aplicó, en ella establece varios criterios para la descarga de vertidos líquidos, actualmente no existe una normativa vigente para descargas de efluentes al alcantarillado público.

**TABLA 1.3.7-1**

Comparación de la Ordenanza Municipal y el TULAS, para descargas al alcantarillado público.

<b>Sustancia</b>	<b>Ordenanza Concentración (mg/L)</b>	<b>TULAS Límites máximos (mg/L)</b>
Aceites y grasas	ND	100
Caudal máximo	4,5 L/s	1,5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cloro activo	ND	0,5
DBO <sub>5</sub>	ND	250
DQO	ND	500
Hierro total	ND	25
Materia flotante	ND	ausencia
Nitrógeno total de Kjendahl	ND	40
Potencial de hidrogeno	5-9	5-9
Sólidos sedimentable	ND	20
Sólidos suspendidos totales	ND	220
Sólidos totales	ND	1600
Sulfatos	ND	400
Temperatura	<30°C	<40°C
Tensoactivos	ND	2,0

Fuente: TULAS - Ordenanza Municipal de Riobamba  
(\*ND) No determinado

## **CAPÍTULO II**

### **2. PARTE EXPERIMENTAL**

La recopilación de datos experimentales se realizó, con parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario Libro VI, Anexo I, Tabla 11, controlando una serie de indicadores y variables de proceso, para así establecer el tratamiento y el método adecuados, así como las condiciones óptimas para el tratamiento de las aguas residuales procedentes del área de sacrificio de bovinos y disminuir la carga orgánica contaminante que conlleva este tipo de efluentes. Para esto, se tomó 5 muestras representativas, las cuales, fueron llevadas al Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias, para su análisis físico químico y microbiológico, mismo que indican el grado de contaminación al cual están sujetas las aguas a tratar

#### **2.1 Muestreo**

El muestreo es una herramienta de la investigación su función básica es determinar que parte de la realidad en estudio debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población.

Para determinar el punto donde se tomarán las muestras, fue necesario realizar una revisión del lugar para identificar el área donde se desarrolló el muestreo mismo que fue simple aleatorio y zonificado. Las muestras fueron tomadas alternadamente, cada semana se tomó una muestra alternado el día de toma de acuerdo al horario de trabajo, estas fueron extraídas de un mismo punto identificado el cual, fue realizado a la salida del desagüe principal del área de sacrificio, en total se tomó 5 muestras, en el período comprendido del 1 de Mayo al 10 de Junio, alternando su toma, mismas que fueron distribuidas de acuerdo al horario



de trabajo en la planta (Lunes, Jueves de 12:00 a 4:00pm y Martes, Viernes y Sábado de 8:00 a 2:00 pm). En primer lugar se tomó un volumen destinado para el análisis microbiológico y posteriormente la destinada a las determinaciones físico-químicas. Se tomaron varias consideraciones para el muestreo, con el objeto de que las muestras sean analizadas correctamente.



Fuente: VALENCIA J., 2012

**Fotografía 2.1-1** Faenamiento de Bovinos

En el área de sacrificio, se contamina el efluente, con sangre de bovinos.



Fuente: VALENCIA J., 2012

**Fotografía 2.1-2** Área de Sacrificio

La etapa donde se consume aproximadamente el 70% del agua, y se genera prácticamente la mayor cantidad de contaminantes es durante los procesos de lavado de vísceras verdes.



Fuente: VALENCIA J., 2012

**Fotografía 2.1-3 Área de Lavado de Vísceras Verdes**



Fuente: VALENCIA J., 2012

**Fotografía 2.1.4. Desagüe principal**



Fuente: VALENCIA J., 2012

**Fotografía 2.1-5** Toma de muestras

## **2.2 Metodología**

### **2.2.1 Métodos y Técnicas**

#### **2.2.1.1. Métodos**

El estudio de este proyecto de investigación tiene un carácter experimental utilizando como procesos lógicos la inducción y deducción ya que se necesita conocer que contaminantes están presentes en mayor cantidad en las aguas que son vertidas del camal hacia la red de alcantarillado público, de tal forma que se identifique los distintos parámetros que influyen sobre la investigación.

#### **2.2.1.2. Inductivo**

Para realizar el este trabajo de investigación se tomó el caudal en el desfogue principal del área de faenamiento de bovinos cada media hora durante los 5 días de faenamiento alternado los días, con el objeto de conocer el consumo diario de agua de la área de investigación, posteriormente se tomaron muestras representativas del agua residual las mismas que fueron llevadas a laboratorio de aguas de la Facultad de Ciencias de la

ESPOCH, para su análisis, estos datos fueron tabulados, analizados y posteriormente realizar los debidos cálculos de ingeniería, los mismos que ayudaron al dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.

#### **2.2.1.3. Deductivo**

Una vez diseñado el Tratamiento de aguas residuales, el mismo que constó inicialmente de un pretratamiento como son las rejillas, para posteriormente pasar a un sedimentador primario, después se transporta hacia un sistema de lodos activos y de allí a un sedimentador secundario, con este sistema se asegura que las propiedades del efluente final estén dentro de los parámetros establecidos en el TULAS para que después este afluente sea arrojado hacia el alcantarillado público. Para proponer este tratamiento, se parte de la observación de la problemática ambiental, para proseguir con el muestreo, y como base inicial para la partida del diseño se necesitó de los análisis de las aguas ya que el resultado de estos análisis proporciona la pauta inicial para proponer el tratamiento.

#### **2.2.1.4. Experimental**

La parte experimental de esta investigación se realizó mediante la toma de muestras representativas, para su posterior análisis a nivel de laboratorio, las cuales siguieron una serie de variaciones de los parámetros previamente establecidos en tablas ya realizadas para encontrar las condiciones óptimas que sean favorables para el dimensionamiento del Sistema de Tratamientos de aguas Residuales para el Camal, y así procurar que las descargas líquidas hacia el alcantarillado público cumplan con los parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario Libro VI, Tabla 11.

A nivel de laboratorio los métodos utilizados dentro de esta investigación son:

Métodos para realizar los análisis físicos químicos de las aguas residuales y el análisis microbiológicos para las aguas residuales.

### **2.2.2 Técnicas**

Son un procedimiento o conjunto de reglas que tienen como objetivo obtener un resultado determinado ya sea en el campo de la ciencia, la tecnología o cualquier otra actividad. La técnica requiere tanto de destrezas manuales como intelectuales, frecuentemente del uso de herramientas y siempre de saberes muy variados.

#### **2.2.2.1 Técnicas y Métodos de Ensayo**

### 2.2.2.1.1 Determinación de la DBO Método 5210-B

**TABLA 2.2.2.1.1-1**

#### Determinación de la DBO

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
<p>Consiste en llenar con una muestra hasta rebosar un frasco hermético de un tamaño especificado e incubarlo a temperatura establecida durante 5 días. El oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación el ROB se calcula mediante la diferencia entre el OD inicial y el final.</p>	<p>La determinación de la DBO es una prueba empírica en la que se utiliza procedimientos estandarizados de laboratorio para determinar los requerimientos relativos de oxígeno en las aguas residuales, efluentes contaminados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de DBO</li> <li>• Botellas de incubación</li> <li>• Grasa</li> <li>• Tampones de Copa</li> <li>• Capsula magnética</li> <li>• Probeta graduada</li> <li>• Termómetro</li> <li>• Embudo</li> </ul>	<p>Calientese o enfrié la muestra hasta 2°C de la temperatura de incubación (20°). Usando una probeta graduada limpia vierta 160 ml de la muestra en una botella obscura Coloque una barra magnética para mezclar en cada botella de muestra Añada el contenido de un sobre de Buffer nutritivo para DBO a cada botella para el crecimiento óptimo de las bacterias si las características de la muestra original lo requiera. Aplicar grasa en la boca de cada botella para sellarla con el tampón de copa. Usando un embudo adicione el contenido de un sobre de LiOH en el tampón de copa de cada muestra, coloque las botellas en el equipo. Coloque el equipo en la incubadora o estufa ajustando la temperatura a <math>20 \pm 2</math> °C.</p> <p>Prenda el equipo.</p> <p>Seleccione la duración de la prueba.</p>	<p>Cuando el agua de la disolución no está sembrada:</p> $ROB_5 = \frac{(D_1 - D_2)}{P}$ <p>Cuando el agua de disolución está sembrada:</p> $ROB_{5mg/l} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P}$ <p>Dónde:</p> <p>D1= OD de la muestra diluida inmediatamente después de su preparación mg/L</p> <p>D2= OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20°C mg/L</p> <p>P= fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada</p> <p>B1= OD del control de simiente antes de la incubación mg/L</p> <p>B2= OD del control de simiente después de la incubación mg/L</p> <p>f = proporción de la simiente de la muestra diluida con respecto al control de la simiente.</p>

**Fuente: Método 5210-B Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.**

### 2.2.2.1.2 Determinación del pH 4500-B

**TABLA 2.2.2.1.2-1**

Determinación del pH

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
El principio básico de la determinación electrométrica del pH es la medida de la actividad de los iones hidrogeno por mediciones potenciometricas utilizando un electrodo patrón de hidrogeno y otro de referencia.	La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua. Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual dependen del pH.	Para lo cual necesitamos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidor de pH</li> <li>• Electrodo de referencia</li> <li>• Vaso de precipitación</li> <li>• Agitador</li> <li>• Cámara de flujo</li> </ul>	<p><b>Preparación general:</b></p> <p>calíbrese el sistema de electrodos frente a las soluciones tampón estándar o con un pH conocido.</p> <p>Tomar un cantidad de agua en un vaso de precipitación agítese, mida el pH.</p>	<p>La escala operativa del pH se utiliza para medir el pH de la muestra y se define como:</p> <p><math>pH_b = pH_{\text{asignado al tampon}}</math></p> <p><math>pH_a = pH_b = \frac{F(E_x - E_s)}{2,303RT}</math></p> <p><math>pH_x = pH</math> de la muestra medido potenciometricamente</p> <p><math>F = \text{Faraday } 9,649 \times 10^4 \text{ culombios/mol}</math></p> <p><math>E_x = \text{muestra fem, V}</math></p> <p><math>E_s = \text{tampón fem, V}</math></p> <p><math>R = \text{constante de los gases } 8,314 \text{ julio/(mol.}^\circ\text{K)}</math></p> <p><math>T = \text{temperatura absoluta } ^\circ\text{K}</math></p>

Fuente: Método 4500-B Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

### 2.2.2.1.3 Determinación de la DQO Método 5220-C

**TABLA 2.2.2.1.3-1**

#### Determinación de DQO

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
Una gran cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos son oxidados con una mezcla de ácido crómico y sulfúrico a ebullición, la muestra se coloca a reflujo en una disolución de ácido fuerte con un exceso conocido de dicromato de potasio. Después de la digestión el dicromato no reducido se mide por titulación o espectrofotométricamente	La determinación de la DQO es una prueba que se utiliza como una medida del equivalente de oxígeno del contenido de materia orgánica de una muestra susceptible de oxidación por un oxidante químico fuerte.	Para lo cual necesitamos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reactor de DQO</li> <li>• Probeta graduada</li> <li>• Vaso de precipitación</li> <li>• Tubos de reactivos de digestión con tapa</li> <li>• Toallas de papel</li> <li>• Pipetas volumétricas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Método de reflujo cerrado</li> <li>-Precalentar a 150°C el digestor de DQO</li> <li>-Colocar los tubos de reacción</li> <li>-Tomar cuidadosamente la muestra previamente homogeneizada</li> <li>-Añadir cuidadosamente la disolución digestora respectiva.</li> <li>-Colocar agua en el tubo del blanco de reactivos.</li> <li>-Colocar todos los tubos en el digestor previamente calentados y dejar por 2h.</li> <li>-Retirar los tubos del digestor y dejar enfriar</li> <li>-Medir la absorbancia en el espectrofotómetro previamente calibrado o cuantificar por titulación.</li> </ul>	<p>El DQO se expresa mgO<sub>2</sub>/L:</p> $DQO = \frac{V_1 - V_2 \times 8000}{V_s}$ <p>Dónde:</p> <p>V<sub>1</sub>= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración del testigo.</p> <p>V<sub>2</sub>= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración de la muestra.</p> <p>V<sub>s</sub>= volumen de la muestra.</p> <p>M= molaridad de la disolución de sulfato ferroso amoniacal.</p>

Fuente: Método 5220-C Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.



#### 2.2.2.1.4 Determinación de Sólidos Sedimentables Método 2540-F

**TABLA 2.2.2.1.4-1**

##### Determinación de Sólidos Sedimentables

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
Los sólidos sedimentables de las aguas de superficie y salinas así como los residuos domésticos e industriales pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (ml/L) o de un peso (mg/L)	Los sólidos son materiales suspendidos, o disueltos en aguas limpias o residuales, los cuales afectan negativamente a la calidad del agua o a sus suministros de varias maneras.	Para lo cual necesitamos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Placas de evaporación</li> <li>• Capsulas de Porcelana</li> <li>• Platino</li> <li>• Vaso alto de sílice</li> <li>• Mufla</li> <li>• Baño de vapor</li> <li>• Desecador</li> <li>• Balanza analítica</li> </ul>	<p><b>Volumétrico:</b> llénese un icono Imhoff hasta la marca con la muestra deje sedimentar durante 45min removiendo constantemente con una varilla.</p> <p><b>Gravimétrico:</b> determinar los sólidos totales en suspensión de una muestra bien mezclada.</p> <p>-Vierta una muestra en un vaso de precipitación , dejamos reposar la muestra durante 1hora sin remover el material sedimentable o flotante extraiga 250 ml desde el centro del recipiente en un punto a medio camino entre las superficies del material sedimentado y del liquido</p>	<p>Para la determinación de los sólidos suspendidos se utiliza:</p> $\text{mgSS/L} = \text{mg de STSuspension/L} - \text{mgSNS/L}$ <p>Dónde:</p> <p>SS=sólidos sedimentables</p> <p>STS=sólidos totales en suspensión</p> <p>SNS=sólidos no sedimentables</p>

Fuente: Método 2540-F Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

### 2.2.2.1.5 Determinación de Sólidos Totales Método 2540-B

**TABLA 2.2.2.1.5-1**

#### Determinación de Sólidos Totales

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
Se evapora una muestra correctamente mezclada en una placa pesada y secada a peso constante en un horno, el aumento de peso de la placa vacía representa los sólidos totales	Los sólidos son materiales suspendidos, o disueltos en aguas limpias o residuales, los cuales afectan negativamente a la calidad del agua o a sus suministros de varias maneras.	<p>Para lo cual necesitamos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capsulas de Porcelana de 90 mm de diámetro</li> <li>Horno de secado para operación a 103-105°C</li> <li>Desecador</li> <li>Balanza analítica capaz de pesar hasta 0,01mg</li> </ul>	<p><b>Calentar:</b> la capsula limpia en la estufa a 103 a 105 °C durante 1hora la conservamos en el desecador y la pesamos inmediatamente antes de usarla.</p> <p><b>Análisis de la muestra:</b> elijase un volumen determinado de la muestra, transfiera un volumen bien mezclado a la capsula pesada previamente y evapórese hasta que se seque.</p> <p>Después secamos esta muestra evaporada al menos durante 1hora a 103-105°C enfriar en el desecador y pesar.</p> <p>Repetir el ciclo hasta que sea constante el peso.</p>	<p>Para la determinación de los sólidos totales utilizamos:</p> $\text{mgsólidos totales/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{vol. de muestra ml}}$ <p>Dónde:</p> <p>A= peso de residuo seco + placa mg</p> <p>B= peso de la placa en mg</p>

Fuente: Método 2540-B Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

### 2.2.2.1.6 Determinación de Sólidos Disueltos Método 2540-C

**TABLA 2.2.2.1.6-1**

#### Determinación de Sólidos Disueltos

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
Se filtra una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio posteriormente, el filtrado se evapora hasta que se seque en una placa pesada y secada a peso constante. El aumento del peso de la placa representa los sólidos totales disueltos	<p>Los sólidos son materiales suspendidos, o disueltos en aguas limpias o residuales, los cuales afectan negativamente a la calidad del agua o a sus suministros de varias maneras.</p> <p>Las aguas con abundante cantidad de sólidos disueltos suelen ser de inferior palatabilidad y pueden inducir una reacción física desfavorable</p>	<p>Para lo cual necesitamos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Placas de evaporación</li> <li>• Capsulas de Porcelana</li> <li>• Platino</li> <li>• Vaso alto de sílice</li> <li>• Mufla</li> <li>• Baño de vapor</li> <li>• Desecador</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Discos de filtrado</li> <li>• Aparato de filtrado</li> <li>• Embudo</li> <li>• Crisoles de Gouch</li> <li>• Matraz</li> <li>• Estufa</li> </ul>	<p><b>Calentar:</b> la capsula limpia en la estufa a 103 a 105 °C durante 1hora la conservamos en el desecador y la pesamos inmediatamente antes de usarla</p> <p><b>Análisis de la muestra:</b> fíltrese un volumen medido de la muestra, lavarse con volúmenes de agua 10ml drene durante 3min, transfiera el filtro evapórelo a baño María, después séquelo en la estufa a 103-105°C durante 1h, enfríese en el desecador pese. Repita el ciclo hasta obtener un peso constante.</p>	<p>Para la determinación de los sólidos totales utilizamos:</p> $\frac{mgsolidostotales/L}{(A - B) \times 1000} = \frac{vol. de muestra ml}{}$ <p>Dónde: A= peso de residuo seco + placa mg B= peso de la placa en mg</p>

Fuente: Método 2540-C Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

### 2.2.2.1.7 Determinación de Sólido Suspendido Método 2540-D

**TABLA 2.2.2.1.7-1**

#### Determinación de Sólidos Suspendidos

FUNDAMENTO	OBJETIVOS	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
Se filtra una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio y el residuo retenido en el mismo se seca a un peso constante. El aumento de peso representa los sólidos totales en suspensión.	Los sólidos son materiales suspendidos, o disueltos en aguas limpias o residuales, los cuales afectan negativamente a la calidad del agua o a sus suministros de varias maneras.	Para lo cual necesitamos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capsulas de Porcelana de 90mm de diámetro</li> <li>• Desecador</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Horno desecador</li> <li>• Balanza analítica</li> </ul>	<p><b>Calentar:</b> la capsula limpia en la estufa a 103 a 105 °C durante 1hora la conservamos en el desecador y la pesamos inmediatamente antes de usarla</p> <p><b>Análisis de la muestra:</b> coloque un aparato de filtrado, filtre un volumen determinado de la mezcla, lave la mezcla con agua destilada, el filtro colóquelo en una placa de aluminio o crisol, séquelo en la estufa a 103-105°C durante 1h, enfríelo en un desecador hasta que tenga un peso constante.</p>	<p>Para la determinación de los sólidos totales utilizamos:</p> $\text{mg sólidos totales en suspensión/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{vol. de muestra ml}}$ <p>Dónde:</p> <p>A= peso de residuo seco + placa mg</p> <p>B= peso de la placa en mg</p>

Fuente: Método 2540-D Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

### 2.2.2.1.8 Determinación de Aceites y Grasas Método 5530-C

**TABLA 2.2.2.1.8-1**

#### Determinación de Aceites y Grasas

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
En la determinación de aceites y grasas no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica, más bien se determina cuantitativamente grupos de sustancias con características físicas similares sobre la base de su solubilidad común en triclorotrifluoroetano.	Ciertos componentes medidos por análisis de aceites y grasas pueden influir en los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, si se presentan en cantidades excesivas pueden inferir con los procesos biológicos aerobios y anaerobios y llevan a reducir la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Embudo de separación</li> <li>• Matraz de destilación</li> <li>• Baño de agua</li> <li>• Papel filtro (diámetro 11cm)</li> </ul>	<p>Tome un volumen de 1ml de muestra y marque el nivel de la muestra en la botella. Acidifíquela hasta un pH de 2 o inferior con 5ml de HCl, pásela por un embudo. Enjuague con cuidado la botella de la muestra con 30ml de triclorotrifluoroetano y añada los lavados del disolvente al embudo de separación. Dejar que separe las dos capas y luego drenar la capa del disolvente a través del embudo que contenga el papel filtro humedecido con el disolvente en el matraz de destilación limpio y tarado si no es posible. Si no es posible obtener una capa clara de disolvente añadir 1g de sulfato de sodio y drene.</p> <p>Añádase más sulfato de sodio si es necesario. Hágase dos extracciones con 30ml de disolvente cada vez.</p>	<p>La cantidad de aceites y grasas se determina mediante:</p> $\text{mg de aceites y grasas/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{ml de muestra}}$ <p>Dónde :</p> <p>A= la ganancia total del peso</p> <p>B= peso del matraz tarado menos el residuo calculado.</p>

Fuente: Método 5530.C Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

### 2.2.2.1.9 Determinación de Nitrógeno Método 4500-N-A

**TABLA 2.2.2.1.9-1**

#### Determinación de Nitrógeno

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
En el método de Kjendahl los compuestos nitrogenados de la muestra se descomponen con ácido sulfúrico concentrado en caliente transformándose el nitrógeno de la mayoría de los grupos funcionales orgánicos en amonio. Cuando la descomposición se ha completado la disolución de enfría, se diluye y se alcaliniza.	El principal factor de influencia para la selección de un método macro o semi-micro Kjendahl en la determinación del nitrógeno orgánico es la concentración del nitrógeno.	Equipo de Kjendahl. Balanza analítica Material de vidrio Matraz tipi Kjendahl Bureta	Limpiar el equipo antes de usarlo, determinar el volumen de la muestra de acuerdo a la tabla, ajustar el volumen a 500ml, y neutralizarlo a un pH de 7, colocar en un matraz de Kjendahl de 800ml.  -Determinar el N amoniacal  -Determinar el N orgánico.	Usaremos las siguientes ecuaciones: $\text{mgN}_{\text{tk}}/\text{L} = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\text{mgNH}_3\text{N}/\text{L} = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\text{mgN}_{\text{organico}}/\text{L} = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\text{mgN}_{\text{tK}}/\text{L} = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\text{mgN}_{\text{tK}}/\text{L} = \text{mgNH}_3\text{N}/\text{L} + \text{mgN}_{\text{organico}}/\text{L}$ Dónde: A= ml de ácido sulfúrico gastados en la titulación.  B= ml de ácido sulfúrico gastados en el blanco.  N= normalidad del ácido sulfúrico  V= ml de la muestra  14= es el peso equivalente de la muestra.

Fuente: Métodos 4500 N-A Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

### 2.2.2.1.10 Determinación de Cloro Residual Método 4500Cl-G

**TABLA 2.2.2.1.10-1**

#### Determinación de Cloro Residual

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS																					
El principio se basa en la reacción instantánea entre el cloro libre con el N,N-dietil-p-fenilendiamina (DFD) en ausencia de iones yoduro reacciona en su forma reducida para producir el DFD en forma reducida de color rojo, el cual se vuelve a reducir hasta que desaparece el color rojo.	Los cloruros son comunes en las aguas residuales puede causar problemas de calidad en el agua para riego y de sabor para agua de reusó.	Equipo: <ul style="list-style-type: none"><li>• Parilla de agitación magnética</li><li>• Balanza analítica</li><li>• Materiales:</li><li>• Bureta</li><li>• Matraces Erlenmeyer</li><li>• Barra magnética</li></ul>	Cloro libre tomar 5ml de solución amortiguadora y 5ml de solución indicadora, adicionar 100ml de la muestra y mezclar.  Titular rápidamente con la disolución solución patrón, hasta la desaparición del color rojo.	Para una muestra de 100ml, 100ml de disolución patrón: <table><tr><th>Lectura</th><th>NCl<sub>3</sub> ausente</th><th>NCl<sub>3</sub> presente</th></tr><tr><td>A</td><td>Cl libre</td><td>Cl libre</td></tr><tr><td>B-A</td><td>NH<sub>2</sub>Cl</td><td>NH<sub>2</sub>Cl</td></tr><tr><td>C-B</td><td>NHCl<sub>2</sub></td><td>NHCl<sub>2</sub> + NCl<sub>3</sub></td></tr><tr><td>N</td><td>-</td><td>Cl libre + NCl<sub>3</sub></td></tr><tr><td>2(N-A)</td><td>-</td><td>NCl<sub>3</sub></td></tr><tr><td>C-N</td><td></td><td>NHCl<sub>2</sub></td></tr></table>	Lectura	NCl <sub>3</sub> ausente	NCl <sub>3</sub> presente	A	Cl libre	Cl libre	B-A	NH <sub>2</sub> Cl	NH <sub>2</sub> Cl	C-B	NHCl <sub>2</sub>	NHCl <sub>2</sub> + NCl <sub>3</sub>	N	-	Cl libre + NCl <sub>3</sub>	2(N-A)	-	NCl <sub>3</sub>	C-N		NHCl <sub>2</sub>
Lectura	NCl <sub>3</sub> ausente	NCl <sub>3</sub> presente																							
A	Cl libre	Cl libre																							
B-A	NH <sub>2</sub> Cl	NH <sub>2</sub> Cl																							
C-B	NHCl <sub>2</sub>	NHCl <sub>2</sub> + NCl <sub>3</sub>																							
N	-	Cl libre + NCl <sub>3</sub>																							
2(N-A)	-	NCl <sub>3</sub>																							
C-N		NHCl <sub>2</sub>																							

Fuente: Método 4500 Cl-G Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.

### 2.2.2.1.11 Determinación de Tensoactivos Método 5530-C

**TABLA 2.2.2.1.11-1**

#### Determinación de Tensoactivos

PRINCIPIO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CALCULOS
El método está basado en la destilación de los fenoles y la subsecuente reacción de estos con 4-aminoantipirina a un pH de 10 en presencia de ferricianuro de potasio formando compuestos de color amarillo intenso a rojo los cuales son extraídos de la disolución acuosa con cloroformo midiendo su absorbancia.	Los detergentes son agentes tensoactivos o agentes superficiales activos, tienen la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en el que se hallan disueltos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Balanza analítica</li> <li>Equipo de destilación</li> <li>Potenciómetro de laboratorio</li> <li>Espectrómetro</li> <li>Materiales:</li> <li>Papel filtro</li> <li>Embudos de separación</li> </ul>	Tomar 500ml de la muestra ajustar el pH a 4 con una disolución de ácido fosfórico utilizando el indicador naranja de metilo y colocar el aparato de destilación, destilar la muestra, detener la destilación cuando la muestra deje de hervir adicionar 500ml de agua caliente, continuar destilando hasta obtener 500ml de destilado total. Una destilación debe ser suficiente para purificar la muestra de una forma adecuada	<p>Para calcular los fenoles se utiliza la siguiente ecuación de la curva de calibración:</p> $Y = mx + b$ <p>Para la concentración:</p> $\mu\text{gfenol/L} = (A/B)$ <p>Dónde:</p> <p>A= microgramos de fenol determinada en la curva</p> <p>B= ml de la muestra original</p>

Fuente: Método 5530-C Métodos Normalizados para análisis de aguas residuales y potables.



### 2.2.2.1.12 Determinación de Coliforme Fecal Norma INEN 1108

**TABLA 2.2.2.1.12-1**

#### Determinación de Coliformes Fecal

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
<p>El agua contiene bacterias cuyas necesidades nutritivas y de temperatura óptima de desarrollo son variables.</p> <p>Los estreptococos fecales son bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre</p> <p>Ordinariamente esta determinación se efectúa sembrando en medio sólido un volumen conocido de la muestra de agua. Se incuba durante un tiempo y a determinadas temperaturas y se cuenta el número de colonias que se obtienen.</p>	<p>Los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son generalmente pocos y difíciles de aislar e identificar, por lo cual se prefiere utilizar los coliformes como organismo indicador de contaminación o en otras palabras como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cajas Petri</li> <li>• Pipetas</li> <li>• Autoclave</li> <li>• Estufa</li> <li>• Disco filtrante</li> <li>• Agar de Plata</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Pinzas</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Matraz Kitasato</li> <li>• Bomba al vacío</li> </ul>	<p>Consiste en los siguientes: un disco filtrante estéril se pone en la unidad de filtración.</p> <p>Se hace pasar un volumen de agua por el disco, las bacterias serán detenidas en la superficie de la membrana. Se quita el disco y se pone sobre una almohadilla absorbente que previamente se ha saturado con el medio de cultivo apropiado. Las almohadillas absorbentes con los discos filtrantes se acomodan en cajas de Petri de tamaño especial, las cuales se incuban.</p> <p>Después de la incubación se desarrollarán colonias sobre el disco filtrante en cualquier lugar donde hayan quedado bacterias atrapadas durante el proceso de filtración.</p> <p>La placa Petri conteniendo el disco filtrante con el residuo se lleva a estufa termostatzada a 37 °C para la determinación de microorganismos totales y coliformes totales, o a 44,5 °C para la de coliformes fecales, durante un período de 24 horas.</p> <p>Tras la incubación, se procede al recuento de las colonias formadas en cada disco filtrante, expresando los resultados en millones de microorganismos por litro de agua.</p>

### 2.2.2.1.13 Determinación de Coliforme Total

**TABLA 2.2.2.1.13-1**

#### Determinación del Coliformes Total

FUNDAMENTO	OBJETIVO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
El análisis microbiológico de las aguas residuales comprende, como determinaciones básicas, los microorganismos totales, coliformes totales y coliformes fecales. Se trata de separar los microorganismos del agua por filtración a través de membranas filtrantes específicas y depositar las membranas con el residuo en placas Petri	Los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son generalmente pocos y difíciles de aislar e identificar, por lo cual se prefiere utilizar los coliformes como organismo indicador de contaminación o en otras palabras como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cajas Petri</li> <li>• Pipetas</li> <li>• Autoclave</li> <li>• Estufa</li> <li>• Disco filtrante</li> <li>• Agar de Plata</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Pinzas</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Matraz Kitasato</li> <li>• Bomba al vacío</li> </ul>	<p>Se trata de separar los microorganismos del agua por filtración a través de membranas filtrantes específicas y depositar las membranas con el residuo en placas Petri, que contienen un medio de cultivo específico para el crecimiento de los microorganismos que se desea determinar, en un soporte de papel de filtro. Es muy importante la esterilización en todos los componentes y etapas de proceso para evitar contaminación externa.</p> <p>Se preparan las placas Petri introduciendo el medio de cultivo adecuado sobre el soporte absorbente del interior de la placa.</p> <p>Se filtra la muestra en un matraz kitasatos de vidrio sobre el que se sitúa un portafiltros de plástico dotado de disco filtrante de ésteres de celulosa con 0,45 µm de diámetro de poro.</p> <p>Se coloca la membrana en el filtro con la ayuda de unas pinzas esterilizadas. Se toman 10 ml de la muestra convenientemente diluida, en función de la contaminación esperada, y se lleva al portafiltro. Se conecta la bomba de vacío, para filtrar la muestra. Los posibles microorganismos quedarán retenidos en el filtro. Se desconecta la bomba de vacío. Con las pinzas flameadas se toma el filtro y se coloca en la placa Petri preparada para la determinación microbiológica.</p> <p>La placa Petri conteniendo el disco filtrante con el residuo se lleva a estufa termostatzada a 37 °C para la determinación de microorganismos totales y coliformes totales, o a 44,5 °C para la de coliformes fecales, durante un período de 24 horas.</p> <p>Tras la incubación, se procede al recuento de las colonias formadas en cada disco filtrante, expresando los resultados en millones de microorganismos por litro de agua.</p>

## **2.3 Datos Experimentales**

### **2.3.1 Diagnóstico**

En el Camal Frigorífico Municipal Riobamba se procesan mensualmente un promedio de 1600 bovinos, 3600 ovinos y 2772, porcinos, faenando diariamente 120 bovinos, sin contar con ningún tratamiento para las aguas residuales, que allí son generadas.

Durante el procesamiento diario de faenamiento, se produce una gran cantidad de residuos tanto líquido como sólidos es así que se consume una enorme cantidad de agua durante el lavado y limpieza de los canales de las reses, como también en el lavado de vísceras y en una menor cantidad durante los procesos de predescuerado, descuerado, evisceración. En el proceso de sacrificio del ganado igualmente se consume un volumen considerable de agua ya que el operador de esta área tiene que limpiar el piso sucio de sangre frecuentemente para evitar resbalarse debido a esto mantiene la toma de agua abierta durante todo el proceso de operación.

Las aguas resultantes de procesamiento contienen cantidades considerables de rumen, pedazos de grasas, pelos, cueros, huesos, aserrín óseo sólidos de gran tamaño, mismos que son arrojados al alcantarillado. Después del proceso de faenamiento las instalaciones son limpiadas primero con una solución desengrasante seguido se enjuaga con agua caliente a presión y finalmente se desinfecta con una solución de cloro.

Para el desarrollo de esta investigación es indispensablemente determinar el caudal aproximado el cual fue 122m<sup>3</sup>/día únicamente para la línea de bovinos, este caudal se proyecta a 20 años, dando un consumo futuro de 162,21 m<sup>3</sup>/día, con un aumento en el faenamiento a 225 reses al día.

Los nivel de consumo de agua , al inicio del proceso son pequeños iniciando con un consumo de 2,16 L/s, seguido con un aumento a la parte intermedia del proceso de 5,088L/s manteniéndose constante este caudal por las siguientes horas de trabajo y para culminar las actividades con un caudal de 2,50 L/s. Este tipo de aguas producidas en el área de faenamiento de bovinos contienen altos índices de DBO y DQO los cuales fueron 1443,35 y 3442 mg/L respectivamente lo que indica que hay una gran cantidad de población microbiana, este y varios otros parámetros que se determinaron en los análisis físico químicos y microbiológicos del agua residual producida en el CFMR, al ser comparados con el TULAS, Libro VI, Tabla 11, se encuentran fuera de los límites permisibles para las descargar este tipo de agua hacia una red de alcantarillado público.

Con todos estos antecedentes se determina el mejor sistema de tratamiento de aguas para este tipo de efluente. Mientras que la gran cantidad de contenido estomacal “rumen” de los cientos de bovinos faenados diariamente serán retirados y utilizados como abono o dispuesto en un relleno sanitario si no se cuenta con el espacio necesario para su debido procesamiento, se le daría el mismo tratamiento al resto de desechos orgánicos.

2.3.2 Datos

2.3.2.1. Datos de la Faenamiento del Camal

TABLA 2.3.2.1-1

Número de bovinos faenados en el CMFR

Mes/día	Lunes	Martes	Jueves	Viernes	Sábado	Total
Enero	120	98	117	161	156	2273
Febrero	115	104	111	157	170	2654
Marzo	115	106	115	175	180	2752
Abril	138	100	108	185	171	2941
Total	488	408	451	678	677	11070
Promedio	122	102	112,75	169,5	169,25*	

Fuente: CMFR  
(\*) Promedio de Bovinos Faenados.

2.3.2.2 Datos de la toma de Temperatura

Temperatura

Normalmente la medición de la temperatura con cualquier termómetro Celsius de mercurio que como mínimo deberá tener una escala con marcas de 0,1°C sobre el tubo capilar y una capacidad térmica mínima que permita un equilibrio rápido.

La temperatura se determinó en el mismo lugar de la toma de muestra para lo cual utilizamos un termómetro de 360 °C.

Muestra	1	2	3	4	5
Temperatura (°C)	18	18	18	16	18

Fuente: VALENCIA J., 2012

2.3.2.3 Datos de Toma de Caudal

TABLA 2.3.2.3-1

Datos de consumo de agua L/Bovino

Consumo de agua por bovino	Válvula	V (L/Bovino)
Planta	V1	44,18
	V2	45,18
	V3	20,28
	V4	10,45
	V5	35,81
Lavado de Visceras	V6	90,91
	V7	150,50
	V8	150,50
	V9	150,50
	V10	15,98
	V11	6,15
	Total	720,46

Fuente: VALENCIA J., 2012

2.3.2.4-1 Análisis Físico Químicos y Microbiológicos

Parámetros	Unidad	Método	Resultado					Promedio	Límite máximo permisible
			M1	M2	M3	M4	M5	Mn	
Aceites y grasa	mg/L	5520-C	19,0	48,5	75,3	45,5	43,6	46,38	100
Cloro activo	mg/L	4500Cl-G	0,39	0,39	0,25	0,30	0,31	0,328	0,5-
DBO (5 días)	mg/L	5210-B	3280	990	1325	2700	1873,75	1443,35	250
DQO	mg/L	5220-C	6400	1760	2050	3400	3600	3442	500
Materia flotante			Visible	Visible	Visible	Visible	Visible	Visible	Ausencia
Nitrógeno total	mg/L	4500-N-A	6,5	12,4	7,3	4,5	5,67	7,27	40
Potencial de Hidrógeno		4500-B	6,08	5,8	6,20	6	6,02	6,02	5-9
Sólidos sedimentables	mg/L	2540-F	3600,0	4100	10000	5200	4020	5384	20
Sólidos disueltos	mg/L	2540-C	1426,0	1463	1711	1600	1850	1610	
Sólidos suspendidos	mg/L	2540-D	2820,0	1840	1620	1620	1551,5	1890,3	220
Sólidos totales	mg/L	2540-B	6908,0	5308	15640	7560	6854	8454	1600
Temperatura	°C	2550-A	18	18	18	16	18	17,6	<40
Tensoactivos	mg/L	5530-C	0,375	0,065			0,301	0,22	2,0
Coliformes fecales	UFC/10 0ml	Filtración por membrana	7600,0	5,35x10 <sup>6</sup>	3x10 <sup>6</sup>	5,6x10 <sup>5</sup>	2,7x10 <sup>6</sup>	2,3x10 <sup>6</sup>	Remoción > al 99,9%
Coliformes totales	UFC/10 0ml	Filtración por membrana	207800	2,53x10 <sup>6</sup>	6,3x10 <sup>6</sup>	6,8x10 <sup>4</sup>	3,0x10 <sup>6</sup>	2,4x10 <sup>6</sup>	Promedio mensual menor a 5000

Fuente: VALENCIA J., 2012

## 2.4 Datos Adicionales

### 2.4.1 Parámetros de Diseño para una Planta de Lodos Activados

Para dimensionar el sistema de lodos activados se necesita varios parámetros, los cuales son tomados de la tabla del Anexo II y III, los parámetros que se utiliza para el dimensionamiento de la planta son los siguientes.

**TABLA 2.4.1-1**

Parámetros para el diseño del sistema de Lodos Activados

Aireación con mezcla completa			
Parámetros de diseño y operación de lodos activados	Parámetro	Valor	Unidad
	$\theta$	4	h
	Carga volumétrica	1600	gDBO/m <sup>3</sup> .d
	A/M	0,4	gDBO/gSSVLM.d
	SSVLM	3500	mg/L
	$\theta_c$	10	días
	Recirculación	30	%
	Eficiencia de la DBO	85	%
Parámetros Biocinéticos	Y	0,41	mg SSV/mg sustrato
	K	0,67	día <sup>-1</sup>
	Ks	150	mg/L
	a	0,3073	KgO <sub>2</sub> /KgDBO
	b	0,1137	día <sup>-1</sup>

Fuente: ROMERO J., Tratamiento de Aguas residuales teoría y principios

## **CAPÍTULO III**

### **3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES PARA EL CAMAL FRIGORÍFICO MUNICIPAL RIOBAMBA**

#### **3.1 Cálculos**

##### **3.1.1 Caudal**

Para el dimensionamiento de la planta de tratamientos se necesita conocer la cantidad de agua por bovino que se utiliza, para lo cual se toma los respectivos caudales, de las tomas de agua para la línea de bovinos para lo cual se tomó, el día de mayor faenamiento, que es el sábado, como resultado se tiene que se consume 720,46 L/Bovino

##### **3.1.1.1 Consumo de Agua**

Para calcular la cantidad de agua residual generada por la línea de bovinos se determina mediante la ecuación 1.3.1.1-1, Pp 10 y tenemos:

$$Q = \frac{L}{\text{Bovino}} * N^{\circ}\text{bovinos faenados}$$

$$Q = 720,46 * 170$$

$$Q = 122478,20\text{L/d}$$

$$Q = \frac{122,47\text{m}^3}{\text{d}}$$



### **3.1.1.2 Índice de Consumo de Carne ICC**

Para determinar el índice de consumo de carne se necesita conocer la cantidad de carne para lo cual se utiliza la siguiente ecuación 1.3.1.2.1-1, Pp 12:

$$ICC = N^{\circ} \text{ rese faenadas} * \text{Peso Promedio}$$

$$ICC = 170 * 350$$

$$ICC = 5950 \text{ lb/d}$$

El consumo de carne por habitante se determina mediante la siguiente ecuación 1.3.1.2.1-2, Pp 12:

$$ICC = \text{Consumo de carne} / \text{Poblacion actual}$$

$$ICC = 5950 / 2017616$$

$$ICC = 0,029 \text{ lb/habitante} * \text{d}$$

### **3.1.1.3 Demanda Futura DF**

La demanda futura de consumo de carne al día se puede determinar mediante la siguiente ecuación 1.3.1.2.2-1, Pp 12:

$$DF = 2717436 * 0,029$$

$$DF = 788056,644 / 350$$

$$DF = 225,15 \text{ bovino/d}$$

#### **3.1.1.4 Caudal Futuro**

El caudal futuro de agua que se consumirá se establecer mediante el uso de la siguiente ecuación 1.3.1.2.3-1, Pp 12:

$$Q_{\text{futuro}} = DF * CAA$$

$$Q_{\text{futuro}} = 225,15 * 720,46$$

$$Q_{\text{futuro}} = 162218,040\text{L/d} = 162,21\text{m}^3/\text{d}$$

$$Q_{\text{futuro}} = 0,0056\text{m}^3/\text{s}$$

#### **3.1.2 Cálculos para las Rejillas**

De la tabla 1.3.2.1-1, Pp 14 se toma los datos, para rejillas de limpieza manual:

Tamaño de la barra

- Ancho = 0,6 pulg.
- Profundidad = 1,5 pulg

Espaciamiento entre barras = 2,0 pulg.

Inclinación con la vertical =  $45^\circ$

Velocidad de aproximación  $V_{RL} = 1,5 \text{ pie/s}$

Pérdidas admisibles = 6 pulg.

Espesor de las barras 0,25 pulg.

### 3.1.2.1 Determinación del Área entre Barras

Para determinar la velocidad de entrada al área libre entre las barras ( $A_L$ ) será mediante la ecuación 1.3.2.2-1, Pp 14:

$$A_L = \frac{Q}{V_{RL}}$$

$$A_L = \frac{0,0056}{0,457}$$

$$A_L = 0,0122 \text{ m}^2$$

### 3.1.2.2 Cálculo del Área de la Sección Transversal del Flujo ( $A_f$ )

El área de la sección transversal se lo determina mediante la ecuación 1.3.2.3-1, Pp 14:

$$A_f = A_L \left( \frac{a + t}{a} \right)$$

$$A_f = 0,0122 \left( \frac{0,05 + 0,0063}{0,05} \right)$$

$$A_f = 0,013 \text{ m}^2$$

Como el ancho del canal es 0,50 m el ancho de la rejilla será de 0,50 m

### 3.1.2.3 Longitud Sumergida de la Rejilla

Para determinar la longitud de la rejilla sumergida se necesita conocer el nivel máximo de agua para lo cual se determina mediante la ecuación 1.3.2.4-1, Pp 15:

$$d_{\max} = \frac{Q}{V_{RL} * B}$$

$$d_{\max} = \frac{0,0056}{0,457 * 0,50}$$

$$d_{\max} = 0,024 \text{ m}$$

Para la longitud se utiliza la ecuación 1.3.2.4-2, Pp 15:

$$L_s = \frac{d_{\max}}{\sin 45^\circ}$$

$$L_s = \frac{0,024}{\sin 45^\circ}$$

$$L_s = 0,033\text{m}$$

### **3.1.2.4 Número de Barras**

El número de barras que conforman la reja se puede determinar mediante la siguiente ecuación 1.3.2.5-2, Pp 16:

$$N^\circ = \frac{B - a}{a + t}$$

$$N^\circ = \frac{50 - 5}{5 + 0,63}$$

$$N^\circ = 8 \text{ barras}$$

### **3.1.2.5 Cálculo de la Pérdida de Carga a Través de las Rejillas**

Para determinar las pérdidas de carga a través de las rejillas se utiliza la ecuación, 1.3.2.6-2, Pp 17:

$$h_L = \frac{1}{C} \left( \frac{V^2 - va^2}{2g} \right)$$

$$h_L = \frac{1}{0,6} \left( \frac{0,6^2 - 0,457^2}{2 * 9,8} \right)$$

$$h_L = 0,012m$$

### **3.1.3. Cálculos para el Sedimentador**

#### **3.1.3.1 Determinación del Área del Sedimentador**

Para la determinación del área del sedimentador se usa la ecuación 1.3.3.2.1-2, Pp 19 según Metcalf-Eddy.

$$A = Q / \text{Carga superficial}$$

$$A = 162,21 / 24$$

$$A = 6,75m^2$$

Se corrige la carga superficial

$$\text{Carga Superficial} = \frac{Q}{A}$$

$$\text{Carga Superficial} = 162,21 / 6,75$$

$$\text{Carga superficial} = 24,02m^3/m^2d$$

No hay una variación de la carga superficial

#### **3.1.3.2 Dimensionamiento**

##### **3.1.3.2.1 Cálculo del Radio**

Para el cálculo del radio del sedimentador se utiliza la ecuación 1.3.3.2.2-3, Pp 21:

$$r = \sqrt{A/\pi}$$

$$r = \sqrt{7/\pi}$$

$$r = 1,50\text{m}$$

### **3.1.3.2.2 Cálculo del Diámetro**

Mediante la ecuación 1.3.3.2.2-4, Pp 21 se obtiene el diámetro del sedimentador

$$\emptyset = \sqrt{4 * A/\pi}$$

$$\emptyset = \sqrt{4 * 7/\pi}$$

$$\emptyset = 3\text{m}$$

### **3.1.3.3 Volumen del Sedimentador**

Se propone una relación 1:3 y altura h= 4m, y utilizando la ecuación 1.3.3.2.3-4, Pp 21 para determinar el ancho del sedimentador.

$$a = \sqrt{A/3}$$

$$a = \sqrt{\frac{7}{3}}$$

$$a = 1,5\text{m}$$

Se determina el largo del sedimentador mediante la ecuación 1.3.3.2.3-3, Pp 22:

$$L = 3*a$$

$$L = 3 \times 1,5$$

$$L = 4,58 \text{ m}$$

Teniendo el largo, ancho y la altura se determina el volumen del sedimentador mediante la ecuación 1.3.3.2.3-1, Pp 21:

$$V = L \times a \times h$$

$$V = 5 \times 1,5 \times 4$$

$$V = 30 \text{ m}^3$$

#### **3.1.3.4 Tiempo de Retención**

Para determinar el tiempo de retención en el sedimentador se utiliza la ecuación 1.3.3.2.4-1, Pp 23:

$$Tr = V/Q$$

$$Tr = 30/0,0056 = 5357,14$$

$$Tr = 1,5 \text{ h}$$

#### **3.1.3.5 Área de la Sección Transversal**

Mediante la ecuación 1.3.3.2.5-1, Pp 23 se determina la sección transversal del sedimentador

$$At = \frac{V}{L}$$

$$At = \frac{30}{5}$$

$$At = 6 \text{ m}^2$$

### **3.1.3.6 Determinación de la Velocidad de Arrastre**

Mediante la ecuación Ec. 1.3.3.2.6-1, Pp 24 se determina la velocidad de arrastre

$$V_h = [(8K(s - 1)g * d/f)]^{1/2}$$

$$V_h = [(8(0,05)(1,05 - 1)(9,8) * (0,01)/(0,03))]^{1/2}$$

$$V_h = 0,25 \text{ m/s}$$

### **3.1.3.7 Determinación de la Tasa de Remoción**

Para determinar la tasa de remoción de la DBO se utiliza la ecuación 1.3.3.2.7-1, Pp 25:

$$R = t/a + bt$$

$$R = \frac{1,5}{0,018 + (0,020)1,5}$$

$$R = 31\%$$

#### **3.1.3.7.1 Remoción de los SST**

De igual manera para determinar la tasa de remoción de los SST se utiliza la ecuación

1.3.3.2.7-1, Pp 25:

$$R_{SST} = \frac{1,5}{0,0075 + (0,014)1,5}$$



$$R_{SST} = 53\%$$

### 3.1.4 Cálculos para Sistema de Lodos Activos.

#### 3.1.4.1 Cálculo de la DBO consumida.

Para determinar la DBO consumida se utiliza la ecuación 1.3.4.1-1 Pp 27 según Ramalho.

$$\frac{KgDBOr}{d} = 86,4Qf(Sf - Se)$$

$$\frac{KgDBOr}{d} = 86,4 * 0,0056(938,17 - 159,54)$$

$$\frac{KgDBOr}{d} = 376,73$$

#### 3.1.4.2 Estimación Preliminar de la Potencia

La suposición del valor preliminar de la potencia requerida se puede hacer mediante una estimación rápida que describe la siguiente ecuación 1.3.4.2-1 Pp 28, se considera como factor de seguridad de 10%

$$HP = \frac{86,4Qf(Sf - Se)}{20 \text{ a } 22}$$

$$HP = \frac{86,4 * 0,0056(938,17 - 159,54)}{21}$$

$$HP = 17,93$$

$$HP = 17,93 * 0,10 = 19,73$$

$$HP = 20$$

### 3.1.4.3 Tiempo de Retención Hidráulica

El tiempo de retención hidráulica en el reactor se determina mediante la ecuación 1.3.4.3-1

Pp 28:

$$t = (S_f - S_e) / k * X_{va} * S_e$$

$$t = (938,17 - 159,54) / 0,67 * 2500 * 159,54$$

$$t = 0,0029d = 0,069 h$$

Según las condiciones óptimas de floculación se determina mediante la ecuación 1.3.4.3-2

Pp 29:

$$t = S_f / X_{va} * (A / M_{\text{optimo}})$$

$$t = 938,17 / (2500 * 0,6)$$

$$t = 0,62d = 15h$$

### 3.1.4.4 Volumen del Reactor

Para determinar el volumen del reactor se lo realiza mediante la siguiente ecuación

1.3.4.4-1 Pp 29 propuesta por Ramalho

$$V = Q_f * t$$

$$V = 0,0056 * 15$$

$$V = 0,084 * 3600 = 302,61$$

$$V = 303\text{m}^3$$

### 3.1.4.5 Demanda de Oxígeno

La demanda de oxígeno se determina mediante la ecuación 1.3.4.5-1 Pp 30 propuesta por Ramalho.

$$\frac{\text{KgO}_2}{\text{d}} = a86,4(\text{Sf} - \text{Se})\text{Qf} + b\text{XvaV}$$

$$\frac{\text{KgO}_2}{\text{d}} = 86,4 * 0,3073(938,17 - 159,54)0,0056 + 0,1137(2500 * 303)(10^{-3})$$

$$\frac{\text{KgO}_2}{\text{d}} = \frac{201,88\text{Kg}}{\text{d}} = 8,41\text{Kg/h}$$

### 3.1.4.6 Aireador Superficial

#### 3.1.4.6.1 Cálculo para los Aireadores Superficiales

Para poder dimensionar los aireadores superficiales se necesita conocer:

- Volumen del reactor =  $303 \text{ m}^3$
- Oxígeno requerido =  $8,41 \text{ KgO}_2/\text{h}$

Parámetros propuestos para el agua a T  $20^\circ\text{C}$

- $C_L = 2,0 \text{ mg/L}$
- $\alpha_{20^\circ\text{C}} = 0,87$
- $\beta = 0,97$

$$P = 547,2 \text{ mmHg}$$

$$(RT)_{\text{ref}} = (\alpha_{20^{\circ}\text{C}} * 1,024^{T-20} * \frac{\beta C_{\text{ss}} - C_{\text{L}}}{9,2})$$

$$1,024^{T-20}$$

$$1,024^{18-20} = 0,935$$

La determinación del C<sub>ss</sub> se realiza mediante la ecuación 1.3.4.6.2-2 Pp 33 propuesto por Ramalho.

$$(C_{\text{ss}})_{760} = 8,4 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{ss}} = (C_{\text{ss}})_{760} \frac{P - P^v}{760 - P^v}$$

$$C_{\text{ss}} = 8,4 * \frac{547,2 - 17,535}{760 - 17,535}$$

$$C_{\text{ss}} = 5,99 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{sw}} = \beta * C_{\text{ss}}$$

$$C_{\text{sw}} = 0,97 * 5,99$$

$$C_{\text{sw}} = 5,81 \text{ mg/L}$$

Se calcula K mediante la ecuación 1.3.4.6.3-1 Pp 33 propuesto por Ramalho.

$$K = (\alpha_{20^{\circ}\text{C}} * 1,024^{T-20} * \frac{\beta C_{\text{ss}} - C_{\text{L}}}{9,2})$$

$$K = (0,935 * 1,024^{18-20} * \frac{5,81 - 2}{9,2})$$

$$K = 0,369$$

Se supone un Potencia especifica  $P_v$  0,060 CV/h

Se lee el valor de  $RT_{ref}$  en la tabla del Anexo IV, y se reemplaza en la ecuación 1.3.4.6.3-2,

Pp 34:

$$(RT)_{ref} = 1,27 \text{ Kg O}_2/\text{CV. h}$$

$$(RT)_{real} = K * (RT)_{ref}$$

$$(RT)_{real} = 0,369 * 1,27$$

$$(RT)_{real} = 0,468 \text{ KgO}_2/\text{CV. h}$$

La potencia requerida real se determina mediante la ecuación 1.3.4.6.3-3, Pp 34:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{O}_2\text{requerido}(\frac{\text{Kg}}{\text{h}})}{(RT)_{real}[\text{KgO}_2/(\text{CV. h})]}$$

$$\text{Potencia} = \frac{8,4}{0,468}$$

$$\text{Potencia} = 17,92 \text{ CV}$$

Se recalcula la Potencia especifica  $P_v$  mediante la ecuación 1.3.4.6.3-4, Pp 34:

$$P_v = \text{Potencia} / \text{Volumen}$$

$$P_v = 17,92 / 303$$

$$P_v = 0,059 \text{ CV/m}^3$$

Se selecciona los aireadores de acuerdo a la tabla del Anexo IV y se escoge los aireadores de 10 CV

$$\text{Número de aireadores} = \frac{17,92}{10}$$

$$\text{Número de aireadores} = 2$$

Se lee el diámetro de influencia de acuerdo a la potencia del aireador

$$\text{Potencia de la unidad} = 10 \text{ CV}$$

$$9,85\text{HP} = 7,24 \text{ KW}$$

$$\text{Diámetro de influencia} = 11 \text{ m}$$

Los aireadores en los tanques de aireación se disponen de acuerdo al diámetro de influencia. Proporcionándole una sopladura y tomando en cuenta un coeficiente de seguridad de un 20% y tenemos.

$$d = \frac{11}{1,2} = 9,16\text{m}$$

De acuerdo al catálogo Anexo XV, se selecciona, el modelo del aireador, para este caso se requiere..

Se propone un Largo = 1,2 m, ancho = 1,2 m

$$\text{Superficie} = L * a$$

$$\text{Superficie} = 1,2d * 1,2d$$

$$\text{Superficie} = 1,44d^2$$

$$\text{Superficie} = 120,82m^2$$

$$\text{Profundidad} = \frac{V}{A}$$

$$\text{Profundidad} = \frac{303}{120,82}$$

$$\text{Profundidad} = 2,50 \text{ m}$$

La profundidad está acorde con los parámetros de diseño ya que los tanques de sedimentación secundaria se encuentran entre 2,4 a 3,6 m de profundidad.

#### **3.1.4.7 Producción Neta de la Biomasa**

La producción neta de la biomasa se puede determinar mediante la ecuación 1.3.4.7-1 Pp 35 según Ramalho.

$$\Delta X_v = Y(S_f - S_e)Q_f - k_d * X_{va} * V$$

$$\Delta X_v = 86,4 * 0,41(938,17 - 159,54)0,0056 - 0,04 * 2500 * 303(10^{-3})$$

$$\Delta X_v = 124,14Kg/d$$

#### **3.1.4.8 Cálculo de la Relación del Reciclado**

Para la determinación del reciclado se utiliza la ecuación 1.3.4.7-3 Pp 36, según Ramalho.

$$r = \frac{Q_f * X_{va} - \Delta X_{va} - Q_f X_{vf}}{Q_f(X_{vu} - X_{va})}$$

$$r = \frac{86,4 * 0,0056 * 2500 - 124,14 - 86,4 * 0,0056 * 0}{86,4 * 0,0056(10000 - 2500)}$$

$$r = 0,2991 = 30\%$$

### 3.1.4.9 Cálculo de los Caudales Restantes

Se puede determinar los caudales restantes mediante el uso de las siguientes ecuaciones de la 1.3.4.8-1 a 1.3.4.8-5, Pp 36 y 37 propuesta por Ramalho

- Caudal de recirculación

$$Q_r = r * Q_f$$

$$Q_r = 0,30(0,0056)$$

$$Q_r = 0,0017 \text{m}^3/\text{s}$$

- Caudal de alimentación combinada

$$Q_o = Q_f(r + 1)$$

$$Q_o = 0,0056(0,30 + 1)$$

$$Q_o = 0,0073 \text{m}^3/\text{s}$$

- Caudal de purga

$$Q_w = \frac{\Delta X_v + Q_f X_{vf} - Q_f X_{ve}}{X_{vu} - X_{ve}}$$

$$Q_w = \frac{124,14 + 86,4 * (0,0056) * 0 - 86,4 * 0,0056 * (0)}{10^{-3}(10000 - 1)}$$



$$Q_w = 12,41 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_w = 0,00014 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Caudal del efluente

$$Q_e = Q_f - Q_w$$

$$Q_e = 0,0056 - 0,00014$$

$$Q_e = 0,00559 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Caudal de descarga del clarificador

$$Q_u = Q_o - Q_e$$

$$Q_u = 0,0073 - 0,00559$$

$$Q_u = 0,0017 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 3.1.4.10 Tiempo de Retención

Para determinar el tiempo de retención en el reactor continuo con reciclado se usa la ecuación 1.3.4.8.-6 Pp 37 según Ramalho

$$t_h = \frac{t}{(r + 1)}$$

$$t_h = \frac{15}{(0,30 + 1)}$$

$$t_h = 11,53 \text{ h}$$

### **3.1.5 Cálculos para el Decantador Secundario**

#### **3.1.5.1 Área del Sedimentador**

Para el sedimentador secundario se determina el área mediante la ecuación 1.3.5.1-1, Pp 39 según Metcalf – Eddy

$$A = Q/\text{carga}$$

$$A = 162,21/24$$

$$A = 6,75\text{m}^2$$

#### **3.1.5.2 Diámetro del Sedimentador**

El diámetro del sedimentador se puede determinar mediante la ecuación 1.3.5.2-1, Pp 40:

$$\phi = \sqrt{4 * A/\pi}$$

$$\phi = \sqrt{4 * 6,75/\pi}$$

$$\phi = 2,93\text{m}$$

El 25% del diámetro es el reparto central, para lo cual se utiliza la ecuación 1.3.5.2-2, Pp 40:

$$R_{\text{central}} = \phi * 0,25$$

$$R_{\text{central}} = 2,93 * 0,25$$

$$R_{\text{central}} = 0,73\text{m}$$

La profundidad de acuerdo a los parámetros se propone de 4 m

La altura de reparto se toma  $\frac{1}{4}$  de la profundidad, se determina mediante la ecuación

1.3.5.2-3, Pp 40:

$$H_{\text{reparto}} = \frac{1}{4} * \text{Profundidad}$$

$$H_{\text{reparto}} = \frac{1}{4} * (4)$$

$$H_{\text{reparto}} = 1\text{m}$$

Inclinación del fondo para sedimentadores secundarios se toma el 15%

$$\frac{r}{\sin 75^\circ} = \frac{x}{\sin 90^\circ}$$

$$\frac{1,47}{\sin 75^\circ} = \frac{x}{\sin 90^\circ}$$

$$x = 1,52$$

$$\frac{h}{\sin 15^\circ} = \frac{x}{\sin 90^\circ}$$

$$\frac{h}{\sin 15^\circ} = \frac{1,52}{\sin 90^\circ}$$

$$h = 0,40\text{m}$$

$$H_{\text{total sedimentador}} = 4 + 0,40$$

$$H_{\text{total sedimentador}} = 4,40 \text{ m}$$

### 3.1.5.3 Carga sobre el Vertedero

La carga sobre el vertedero se puede determinar mediante la ecuación 1.3.5.3-1, Pp 40:

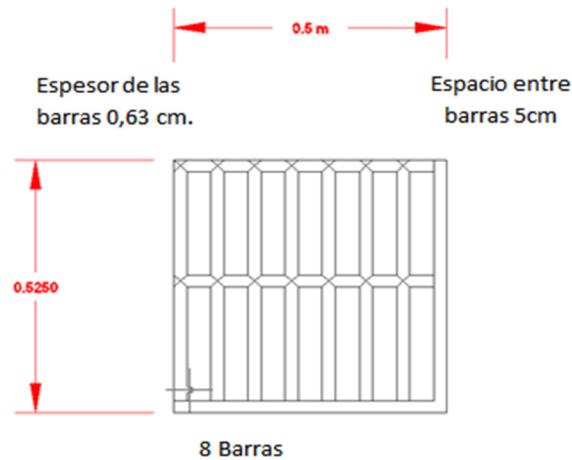
$$\text{Carga vertedero} = \frac{Q}{\pi * \phi}$$

$$\text{Carga vertedero} = \frac{0,0056}{\pi * 2,93}$$

$$\text{Carga vertedero} = 0,00064\text{m}^2/\text{s}$$

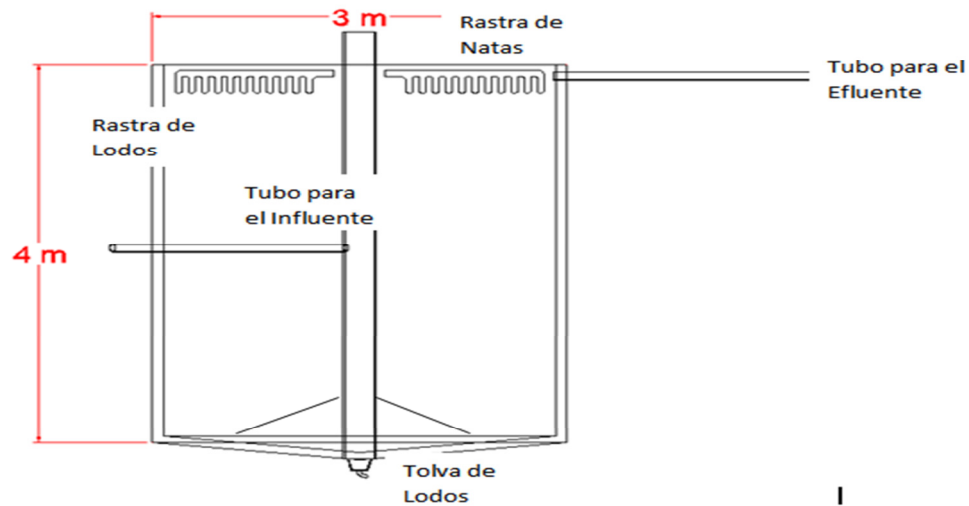
## 3.2 Resultados

### 3.2.1 Rejillas



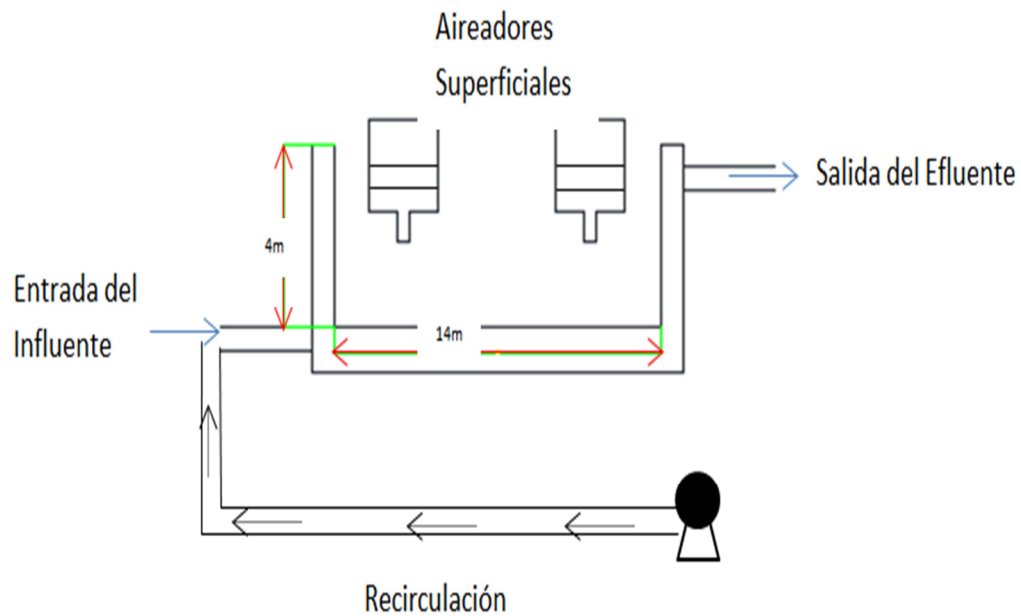
Las rejillas de limpieza manual, tendrán un espesor de barras de 0,25 pulgada (0,63 cm), un espaciamiento entre barras de 2,0 pulgadas (5,0 cm), una inclinación de  $45^\circ$  con la vertical, la velocidad de aproximación del fluido hacia las rejillas será de 0,18 m/s, el ancho y el largo del canal es de 0,50 m, finalmente la rejilla estará constituida de 8 barras mediante la aplicación de la rejilla se pretenderá que en esta se retenga la mayor cantidad de sólidos gruesos.

### 3.2.2 Sedimentador Primario



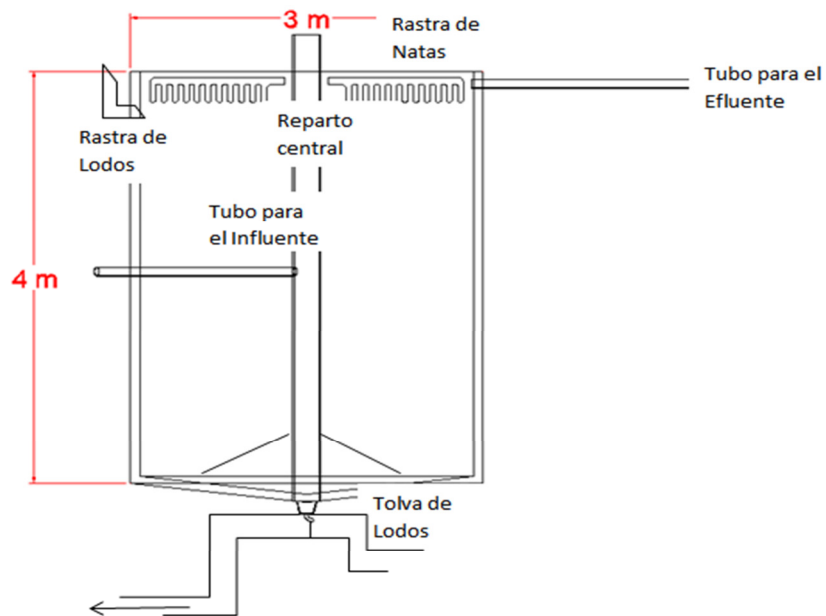
El sedimentador primario tendrá la función de sedimentar sólidos más densos, el cual tendrá un área de  $6,75 \text{ m}^2$  un radio de 1,50m, diámetro de 3m, un largo de 4,58m, ancho de 1,50m, altura 4m, un tiempo de retención de 1,50 horas, velocidad de arrastre 0,25 m/s, una remoción de la DBO del 30% y de sólidos suspendidos de 53%, disminuyendo así la carga contaminante de este efluente.

### 3.2.3 Sistema de Lodos Activos



Para el proceso de lodos activos se va a tener un reactor de  $303 \text{ m}^3$  de volumen, donde se va a consumir diariamente  $376,73 \text{ KgDBO/día}$ , con una demanda de oxígeno de  $8,41 \text{ KgO}_2/\text{día}$ , utilizaremos dos aireadores superficiales cada uno con una potencia de 10CV, y una relación de reciclado del 30%, con un tiempo de retención de 11,5 horas.

### 3.2.4 Sedimentador Secundario



En el sedimentador secundario los lodos provenientes de la etapa anterior se sedimentarán el cual tendrá un área de  $6,75 \text{ m}^2$  un radio de 1,50m, diámetro de 3m, el diámetro del reparto central será 0,75m, y una altura 4m, una altura de reparto de 1m y la carga sobre el vertedero será de  $0,00064 \text{ m}^2/\text{s}$ . concluyendo así con el tratamiento obteniendo un efluente final de concentración 159,54 mg/L de DBO, cumpliendo así con los parámetros establecidos en el TULAS.



### 3.2.5 Análisis Físico-Químico

Parámetro	Unidad	Promedio	Limite
Aceites y grasa	mg/L	46,38	100
Cloro activo	mg/L	0,328	0,5
DBO(5 días)	mg/L	1443,35	250
DQO	mg/L	3442	500
Materia flotante	Ausencia	Visible	Ausencia
Nitrógeno total	mg/L	7,37	40
Potencial de hidrogeno	mg/L	6,02	5-9
Sólidos sedimentables	mg/L	5384	20
Sólidos disueltos	mg/L	1610	-
Sólidos suspendidos	mg/L	1890,3	220
Sólidos totales	mg/L	8454	1600
Temperatura	C	17,6	<40
Tensoactivos	mg/L	0,22	2,0

### 3.2.6 Análisis Microbiológicos

Parámetro	Unidad	Promedio	Limite
Coliformes Fecal	UFC/100 MI	2,3x10 <sup>6</sup>	Remoción al 99%
Coliformes Total	UFC/100 mL	2,4x10 <sup>6</sup>	Promedio mensual menor 5000

### 3.3 Validación del Diseño

Parámetro/ Muestra		Sedimentador Primario		Lodos activos	Efluente Clarificado	Límite permisible
		%Remoción de DBO <sub>5</sub> (30%)	%Remoción de SST (60%)	% Remoción de DBO <sub>5</sub> y SST (85%)	mg/L	mg/L
<b>M1</b>	DBO <sub>5</sub> 3289 mg/L	989,4 mg/L	-	148,41mg/L	148,41	250
	SST 6908 mg/L	-	4144,8 mg/L	621,72mg/L	621,72	1600
<b>M2</b>	DBO <sub>5</sub> 990 mg/L	297 mg/L	-	44,55mg/L	44,55	250
	SST 5308 mg/L	-	1592,4 mg/L	238,86mg/L	238,86	1600
<b>M3</b>	DBO <sub>5</sub> 1325mg/L	397,5 mg/L	-	59,65 mg/L	59,65	250
	SST 15640 mg/L	-	9384 mg/L	1407,6 mg/L	1407,6	1600
<b>M4</b>	DBO <sub>5</sub> 2700 mg/L	810 mg/L		121,5 mg/L	121,5	250
	SST 7560 mg/L	-	4536 mg/L	680,4 mg/L	680,4	1600
<b>M5</b>	DBO <sub>5</sub> 1873,75 mg/L	562,12 mg/L	-	84,32 mg/L	84,32	250
	SST 6854 mg/L	-	4112,4 mg/L	616,82 mg/L	616,82	1600

Fuente: Valencia J., 2012.

### **3.4 Propuesta**

Para poder tratar este tipo de efluente generado por el CMFR por la serie de operaciones que en él se desarrollan teniendo como principal característica este tipo de vertidos que es la elevada concentración de carga orgánica, lo cual, genera gran cantidad de microorganismos que contamina el agua, se propone la implementación de una planta de tratamientos de aguas residuales con la finalidad de disminuir la gran cantidad de carga orgánica que supera los niveles establecido por el TULAS, es así como la DBO<sub>5</sub> que es de 1443,34 ml/L, los Sólidos Suspendidos 1890,3 mg/L, Sólidos Totales 8454 mg/L, Sólidos Sedimentables 5384 mg/L y varios otros parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles.

Por lo que, se presenta el diseño de la planta de tratamiento, misma que va a constar de los siguientes componentes: Se empieza con la recolección del contenido estomacal de los bovinos (rumen) que es el mayor contaminante de los vertidos líquidos generados en esta área. Después el fluente pasa por un sistema de rejillas de limpieza manual, en la cual, se va a retener la mayor cantidad de sólidos gruesos, de allí prosigue a un tratamiento primario que se realizara mediante un tanque de sedimentación primaria en el cual se eliminara el 30% de la DBO, el mismo tendrá un largo de 4,58 m y un ancho de 1,5 m, una profundidad de 4m de acuerdo parámetros de diseño para sedimentadores, posteriormente el agua será tratada en un sistema de lodos activados, en el cual se remueve el 85% de la DBO, para que el efluente final tenga las concentraciones establecidas por el TULAS, el volumen del tanque de aireación será de 303m<sup>3</sup>, el tiempo de retención será de 11,5 horas, se utilizará

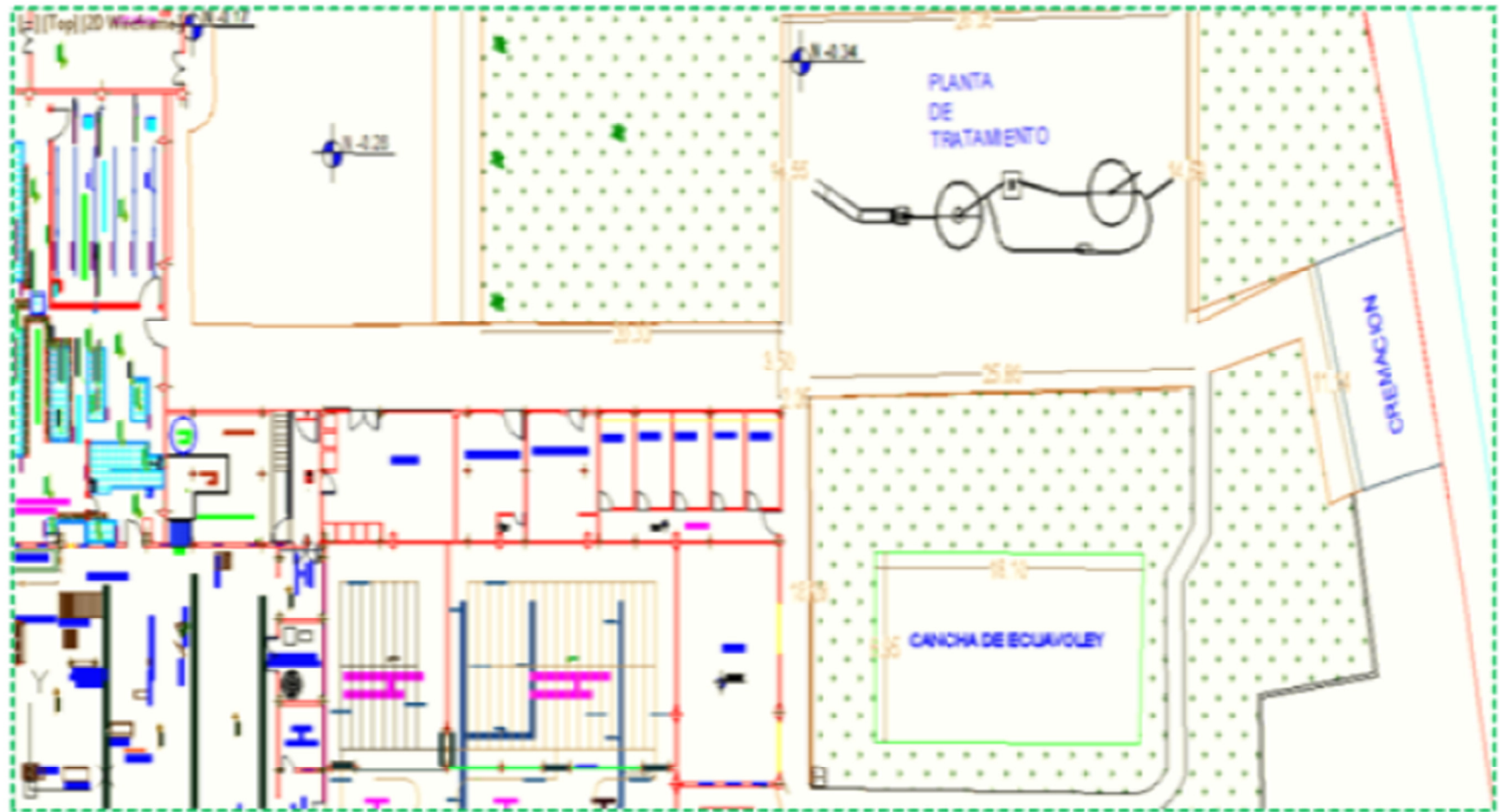
aireadores superficiales para proporcionale el oxígeno requerido para la degradación biológica, el consumo de oxígeno será de 8,41 KgO<sub>2</sub>/h. El agua aireada pasa a un sedimentador secundario con un área de 6,75 m<sup>2</sup> con un diámetro de 3m, con un diámetro de reparto de 0,75 y con una carga sobre el vertedero de 0,00064 m<sup>2</sup>/s. La planta ocupara una extensión de 76,47m<sup>2</sup> la misma que será ubicada de acuerdo al criterio y disposición apropiado.

## PLANO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA



Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Realizado por: Jeaneth Valencia	Planta de Tratamiento de Aguas residuales		
			Lamina	Escala	Fecha
	-Certificar      - Por eliminar - Por aprobar    - Para informar - Aprobado       - Por calificar				2012/01/30

## UBICACIÓN DE LA PLANTA EN EL CAMAL



Notas

Categoría del diagrama

- Certificar
- Por eliminar
- Por aprobar
- Para informar
- Aprobado
- Por calificar

ESCUELA SUPERIOR

POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE ING. QUÍMICA

Realizado por: Jeanneth Valencia

Planta de Tratamiento de  
Aguas residuales

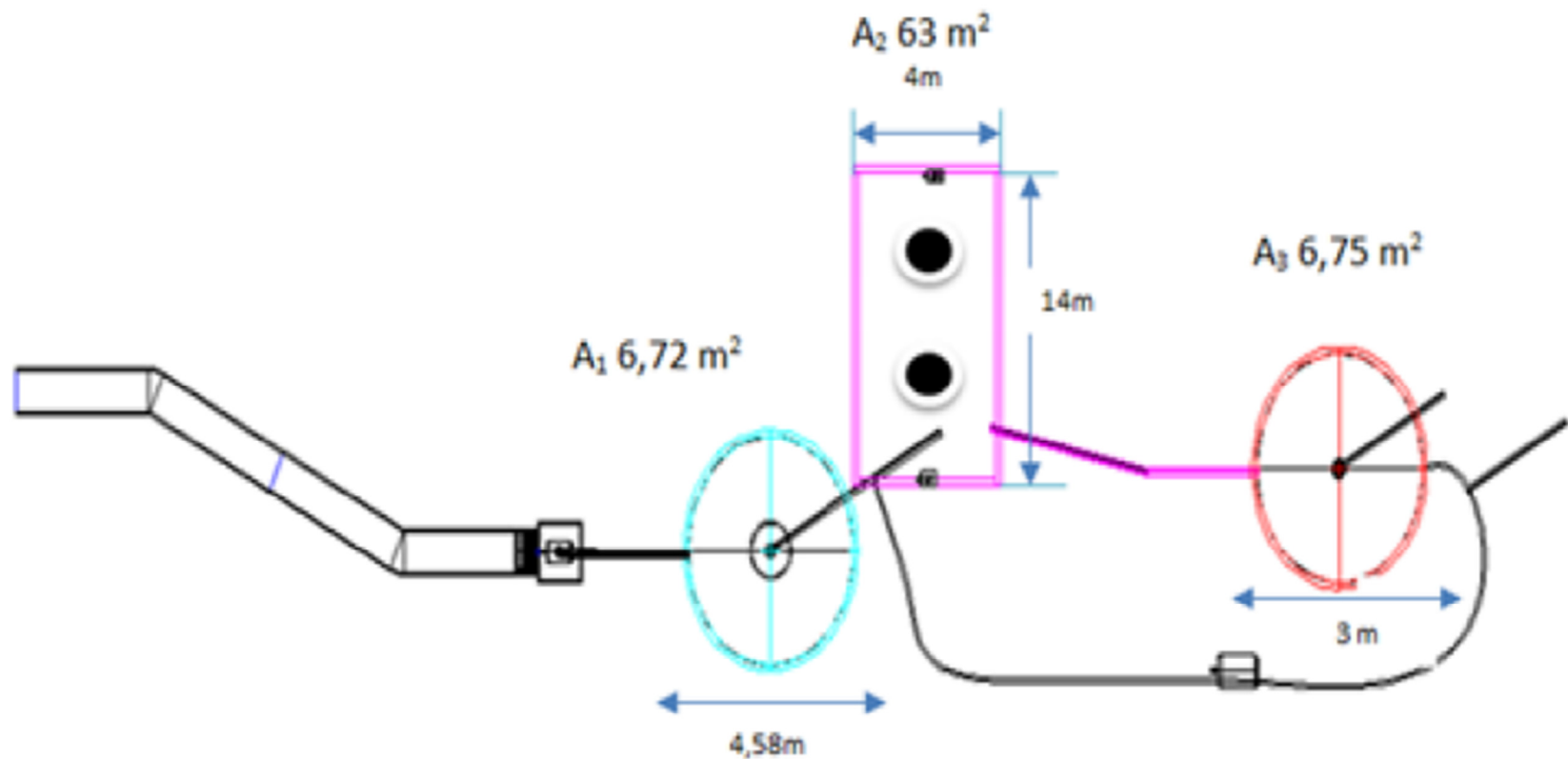
Lamina

Escala

Fecha

2012/01/30

## DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



Notas	<b>Categoría del diagrama</b> -Certificar      - Por eliminar - Por aprobar    - Para informar - Aprobado       - Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Realizado por: Jeanneth Valencia	Planta de Tratamiento de Aguas residuales		
			Lamina	Escala	Fecha
				1:100	2012/01/30

### **3.5 Análisis y Discusión de los Resultados**

De acuerdo a los análisis obtenidos, los parámetros como la DBO 1443,34 mg/L, DQO 3442 mg/L, sólidos totales 8454 mg/L, sólidos sedimentables 1890 mg/L, sólidos disueltos 1610 mg/L, todos estos se encuentran fuera de los límites establecidos por el TULAS, Libro VI, Anexo I Tabla 11, los cuales están contaminando el agua que luego es vertida al alcantarillado público, todos estos parámetros pueden ser eliminados mediante la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Los resultados de los análisis microbiológicos como los coliformes fecales con  $2,3 \times 10^6$  y coliformes totales  $2,4 \times 10^6$  UFC/100ml se encuentran fuera de los parámetros establecidos esto se debe a que el contenido estomacal de los bovinos faenados, son arrojados al agua de lavado para eliminar esta gran cantidad de rumen se propone la recolección de este para luego ser utilizado como abono o para la elaboración de compost.

Para tratar de disminuir la contaminación que produce este tipo de efluente se propone la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales, ya que después de tratar este afluente se obtiene un efluente final cuyas características están acorde con los parámetros estipulado en la norma teniendo una remoción del 85% de la DBO es decir que el efluente final tiene una concentración de DBO de 159,54 mg/L, valor que se encuentra dentro del límite establecido por el TULAS cumpliendo así con los objetivos planteados al inicio de esta investigación.



## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- ❖ Las aguas proveniente del área de sacrificio y lavado de vísceras contiene una alta concentración de materia orgánica como DBO<sub>5</sub> 1443.35 mg/L DQO 3442 mg/L SST 8454 mg/L materia flotante visible, contaminando desmesuradamente el agua que es después es descargada al sistema de alcantarillado, por lo que debe tratarse este tipo de efluente antes de ser vertido al ambiente receptor.
- ❖ En el área de lavado de vísceras se consume alrededor del 70% del agua que se utiliza para el faenamiento de bovinos.
- ❖ Se realizó la caracterización las aguas residuales provenientes de las áreas de faenamiento y lavado de vísceras la cuales mediante análisis presentaron elevados índices de DBO 1443, 35 mg/L, 3442 mg/L DQO, 1890,30 mg/L SS, y 8454 mg/L de ST.
- ❖ Las variables que intervienen para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales principalmente son el caudal de 720,46 L/bovino y las caracterizaciones del agua DBO 1443, 35 mg/L, 3442 mg/L DQO, 1890,30 mg/L SS, y 8454 mg/L de ST, ya que de acuerdo a ello se eligió el tratamiento más óptimo.
- ❖ Se realizó el dimensionamiento de la planta de tratamiento aguas residuales, la misma que costara de un sistema de rejillas, las que tendrán un espesor de barras de 0,25 pulgada (0,63 cm), un espaciamiento entre barras de 2,0 pulgadas (5,0 cm), una inclinación de 45° con la vertical, la cual, estará constituida de 8 barras.

- ❖ Seguidamente pasará a un sedimentador primario el cual tendrá un área de  $6,75 \text{ m}^2$  un radio de 1,50m, diámetro de 3m, un largo de 4,58m, ancho de 1,50m, altura 4m, un tiempo de retención de 1,50 hora.
- ❖ Después se tendrá un tratamiento de lodos activos en el cual se oxigenará el agua por medio de dos aireadores superficiales donde se consumirá diariamente 8,41  $\text{KgO}_2/\text{día}$  con un tiempo de retención de 11,5 horas para que la materia orgánica se degrade totalmente.
- ❖ Finalmente se concluye con un sedimentador secundario, el cual ocupara un área de  $6,75 \text{ m}^2$  con un radio de 1,50m, diámetro 3m y la carga sobre el vertedero será de  $0,00064 \text{ m}^3/\text{s}$ , donde los lodos se sedimentaran y el efluente clarificado será arrojado al alcantarillado público.

## 4.2 Recomendaciones

- ❖ Como recomendación principal el CMFR debería tener en cuenta los varios estudios con respecto al ambiente que allí se han realizado, así como esta investigación, que expone una propuesta para disminuir la contaminación del agua que se está generando en esta empresa.
- ❖ Recomendamos de manera imprescindible la implementación de una planta de tratamientos de aguas residuales para evitar que las aguas de proceso de las diversas actividades sigan contaminando.
- ❖ Los residuos obtenidos durante el procesamiento de las reses como son las grandes cantidades de rumen así también ciertos pedazos y huesos que son arrojados al flujo de agua se recomendaría su recolección para posteriormente sean utilizados para la elaboración de un compost el mismo que servirá como un abono.
- ❖ Se debería dar una correcta información a los empleados sobre la importancia que resulta la conservación de los recursos como el agua, el suelo, aire y de esa manera que ellos ayuden a disminuir la contaminación durante la realización de sus actividades.
- ❖ Las autoridades encargadas del CMFR deberían buscar alternativas adecuadas para tratar los diversos contaminantes que allí se generan ya que no solo el recurso hídrico es contaminado, sino también el suelo y el aire.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. BRITO. H, Mecánica de Fluidos, Riobamba – Ecuador, Escuela Superior  
Politécnica de Chimborazo, 2006, Pp 30,44
2. CRITES-TCHOBANOGLIOUS, Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas  
poblaciones, Bogotá – Colombia, McGraw Hill Interamericana, 2000, Pp  
241-337
3. HENRY-HEINKE, Ingeniería Ambiental, 2a. ed. México DF. – México, Prentice  
Hall, 1990, Pp 441-485
4. METACAL-EDDY, Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento vertido y  
Reutilización, 3a. ed. Madrid – España, McGraw Hill Interamericana,  
1995, Pp 231,251,280-281
5. RAMALHO. R. Tratamiento de aguas residuales, Quebec – Canadá, editorial  
Reverte S.A, Pp 337, 392
6. ROMERO. J, Tratamiento de aguas Residuales teoría y Principios de Diseño,  
2a. ed. Bogotá – Colombia, editorial, Escuela Colombiana de Ingeniería,  
2002, Pp 404-410, 448
7. LIMUSA, Manual de Tratamiento de Aguas negras, México DF.– México, editorial  
LIMUSA S.A, 1990, Pp 64
8. STHANDAR METHODOS, Métodos Normalizados para análisis de aguas  
residuales y Potables. American Public Healt Water Polluction, control

Federation, Madrid – España, Conjunto de Leones S. Díaz Dantos S.A.

1992, Pp 2-52, 2-50-2-55,4-166, 4-168,5-6,5-18

9. ACÁN. A. Diseño de un sistema de tratamiento para la disminución de sólidos en el sistema de riego Chambo Guano sector Lagos para el canal La Capilla, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba - Ecuador, TESIS,2011, Pp 29-33
10. LEÓN. G. Implementación de un Sistema de Gestión ambiental para residuos líquidos en el Camal Frigorífico Municipal Riobamba, Facultad de Ciencias, Escuela de Posgrado Master en Biotecnología Ambiental, Riobamba - Ecuador, TESIS, 2003, Pp 20-30
11. TAPIA. D. Diseño de un sistema anaerobio de las aguas residuales procedentes del Camal Municipal de Baños de Agua Santa, Facultad de Ciencias, Escuela de Biotecnología Ambiental, Riobamba - Ecuador, TESIS, 2008, Pp 16-22.

#### **BIBLIOGRAFIA DE INTERNET**

##### **12. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

[es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales](http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales)

2011/06/13

##### **13. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

[www.etapa.net.ec/DGA/DGA\\_tra\\_agu\\_res\\_inf\\_gen.aspx](http://www.etapa.net.ec/DGA/DGA_tra_agu_res_inf_gen.aspx)

2011/07/04

##### **14. AIREADOR**

[laaditiqgrupoc.wordpress.com/category/uncategorized/page/2/](http://laaditiqgrupoc.wordpress.com/category/uncategorized/page/2/)

2011/10/03

**15. TRANSFERENCIA DE AIRE**

[www.labrujula.com.ni/noticia/194](http://www.labrujula.com.ni/noticia/194)

2011/11/04

**16. SEDIMENTADOR**

[www.google.com.ec/imgres?q=sedimentador](http://www.google.com.ec/imgres?q=sedimentador)

2011/11/05

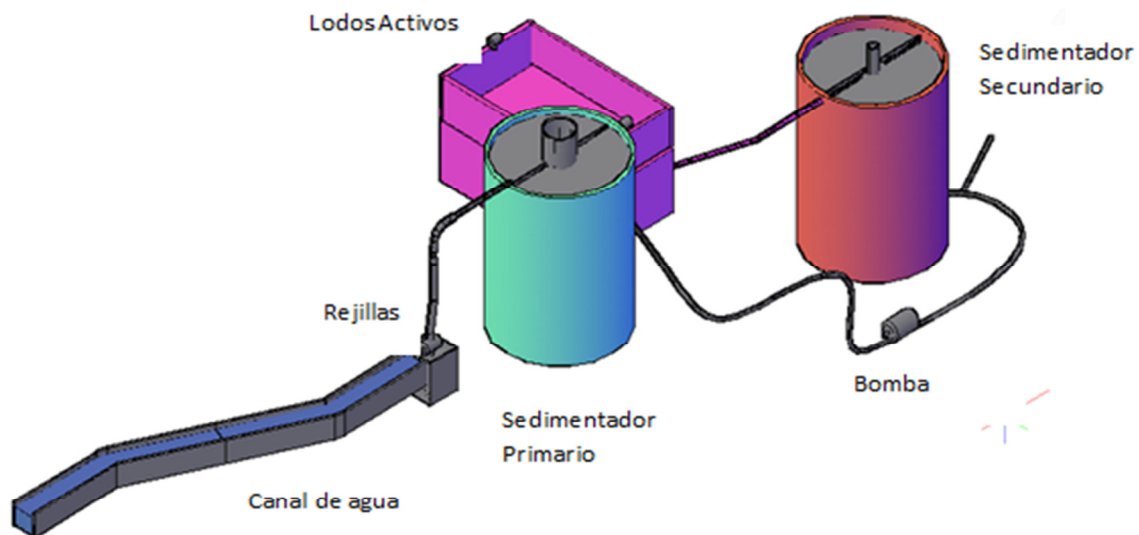
**17. USOS INDUSTRIAL DEL AGUA**

[www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/EC01903M.pdf](http://www.edicionsupc.es/ftppublic/pdfmostra/EC01903M.pdf)

2012/01/20

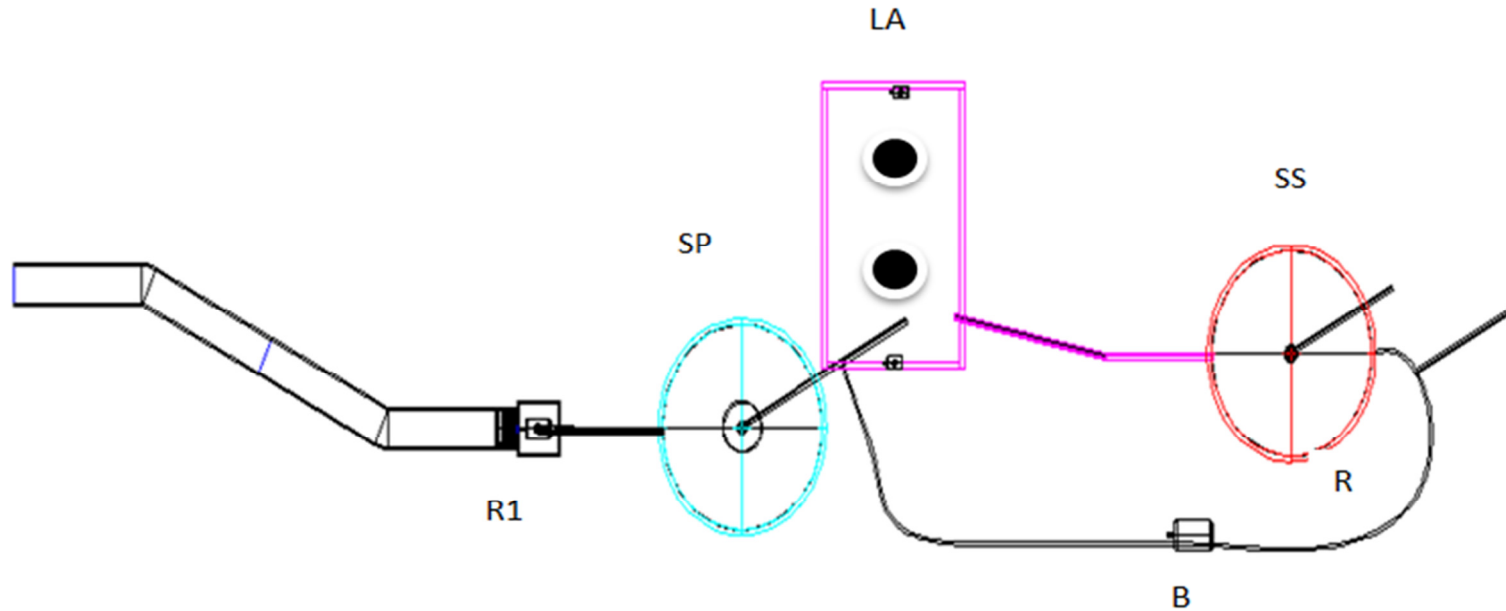
# ANEXO I

## PLANTA DE TRATAMIENTO



Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	TEMA		
	-Certificar -Por Aprobar -Aprobado	-Por eliminar -Para informar -Para calificar  FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUIMICA  REALIZADO POR: Jeaneth Tatiana Valencia Medina	Planta de Tratamiento de aguas residuales		
			Lamina	Escala	Fecha
			1/13	1:100	2012/01/30

**ANEXO II**  
**VISTA PLANTA**



Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE ING QUIMICA  REALIZADO POR:  Jeaneth Tatiana Valencia Medina	TEMA		
R1 .- Rejillas SP.-Sedimentador Primario LA.- Lodos Activos SS.- Sedimentador Secundario R.- Recirculación B.- Bomba	-Certificar -Por Aprobar -Aprobado  -Por eliminar -Para informar -Para calificar		Planta de Tratamiento de aguas residuales		
			Lamina	Escala	Fecha
			2/13	1:100	2012/01/30



## ANEXO III

### PARAMETROS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE LODOS ACTIVOS

**Tabla 17.2**  
Parámetros de diseño y operación de procesos de lodos activados<sup>(86,130)</sup>

Proceso	Período de aireación $\theta$ , horas	Carga volumétrica $\frac{gDBO}{m^3 \cdot d}$	A/M $\frac{gDBO}{gSSVLM \cdot d}$	X SSLM mg/L	Edad de todos $\theta_c$ , d	Tasa de recirculación R, %	Eficiencia DBO %	Observaciones
Convencional	4 – 8	300 – 600	0,2 – 0,4	1.500 – 3.000	5 – 15	25 – 75	85 – 95	Sensible a cargas súbitas. Flujo en pistón
Aireación gradual	4 – 8	300 – 600	0,2 – 0,4	1.500 – 3.000	5 – 15	25 – 50	85 – 95	Uso general
Mezcla completa	3 – 5	800 – 2.400	0,2 – 0,6	2.500 – 4.000	5 – 15	25 – 100	85 – 95	Resistente a cargas choque
Aireación escalonada	3 – 5	600 – 1.000	0,2 – 0,4	2.000 – 3.500	5 – 15	25 – 75	85 – 95	Uso general. Flujo en pistón
Aireación corta	1,5 – 3	1.200 – 2.400	1,5 – 5,0	200 – 1.000	0,2 – 0,5	5 – 25	60 – 75	Efluente de baja calidad
Estabilización y contacto	(0,5 – 1,0)+ (3 – 6) ++	1.000 – 1.200	0,2 – 0,6	(1.000 – 3.000) + (4.000 – 10.000) ++	5 – 15	50 – 150	80 – 90	Operación flexible. Usado para ampliar plantas existentes. Flujo en pistón
Aireación prolongada	18 – 36	100 – 400	0,05 – 0,15	3.000 – 6.000	20 – 30	50 – 150	75 – 95	Usado en plantas pequeñas, operación flexible. Flujo en pistón
Krauss	4 – 8	600 – 1.600	0,3 – 0,8	2.000 – 3.000	5 – 15	50 – 100	85 – 95	Usado en residuos fuertes, bajos en N.
Tasa alta	2 – 4	1.600 – 16.000	0,4 – 1,5	4.000 – 10.000	5 – 10	100 – 500	75 – 90	Uso general. Mezcla completa
Oxígeno puro	1 – 3	1.600 – 3.300	0,25 – 1,0	2.000 – 5.000	3 – 10	25 – 50	85 – 95	Usado para reducir volumen requerido para tratamiento. Mezcla completa
Zanjón de oxidación	8 – 36	80 – 480	0,05 – 0,3	3.000 – 6.000	10 – 30	75 – 150	75 – 95	Usado en ciudades pequeñas.

+ Unidad de contacto  
++ Unidad de estabilización

Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	TEMA		
		FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUIMICA	Planta de Tratamiento de aguas residuales		
	-Certificar -Por Aprobar -Aprobado	-Por eliminar -Para informar -Para calificar	REALIZADO POR:	Lamina	Fecha
		Jeaneth Tatiana Valencia Medina	3/13		2012/01/30

## ANEXO IV

### COEFICIENTES CINETICOS PARA TRATAMIENTO BIOLOGICO AERÓBICO

**Tabla 17.5**  
Coeficientes cinéticos para tratamiento biológico aeróbico de diferentes sustratos orgánicos

Sustrato	Y mg SSV mg sustrato	$\mu_m$ d <sup>-1</sup>	K d <sup>-1</sup>	K <sub>s</sub> mg L	k <sub>d</sub> d <sup>-1</sup>	Base del coefi- ciente	Tempe- ratura °C	Refe- rencia
Residuo doméstico	0,5	-	-	-	0,055	DBO	-	105
Residuo doméstico	0,67	-	-	-	0,048	DBO	20	105
Residuo doméstico	0,5	13,2	26,4	120	0,06	DBO	-	32
Residuo doméstico	0,67	3,84	5,7	22	0,07	DQO	-	32
Residuo doméstico	0,67	3,75	5,6	22	0,07	DQO	-	23
Leche desnatada	0,48	2,45	5,1	100	0,045	DBO	-	105
Glucosa	0,42	1,26	3,0	355	0,087	DBO	-	105
Glucosa	0,59	1,95	3,3	-	-	DBO	10	105
Peptona	0,43	6,24	14,5	65	-	DBO	30	105
Glucosa-peptona	0,49	5,05	10,3	-	-	DBO	20	105
Residuo gaseosas	0,35	0,35	1,0	0,31	0,031	DQO	-	32
Residuo sintético	0,65	-	-	-	0,18	DBO	-	105
Pulpa y papel	0,47	-	-	-	0,20	DBO	-	32
Procesadora de camarones	0,50	-	-	85,5	1,6	DBO	-	32
Aguas residuales municipales	0,35 – 0,45	-	-	25-100	0,05 – 0,10	DQO	20	32
Matadero	0,41	-	0,67	150	0,04	DQO	20	111
Soya	0,74	-	16,2	355	0,14	DBO	-	111

Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	TEMA		
			Planta de Tratamiento de aguas residuales		
	-Certificar -Por Aprobar -Aprobado	-Por eliminar -Para informar -Para calificar		Lamina	Fecha
				4/13	2012/01/30

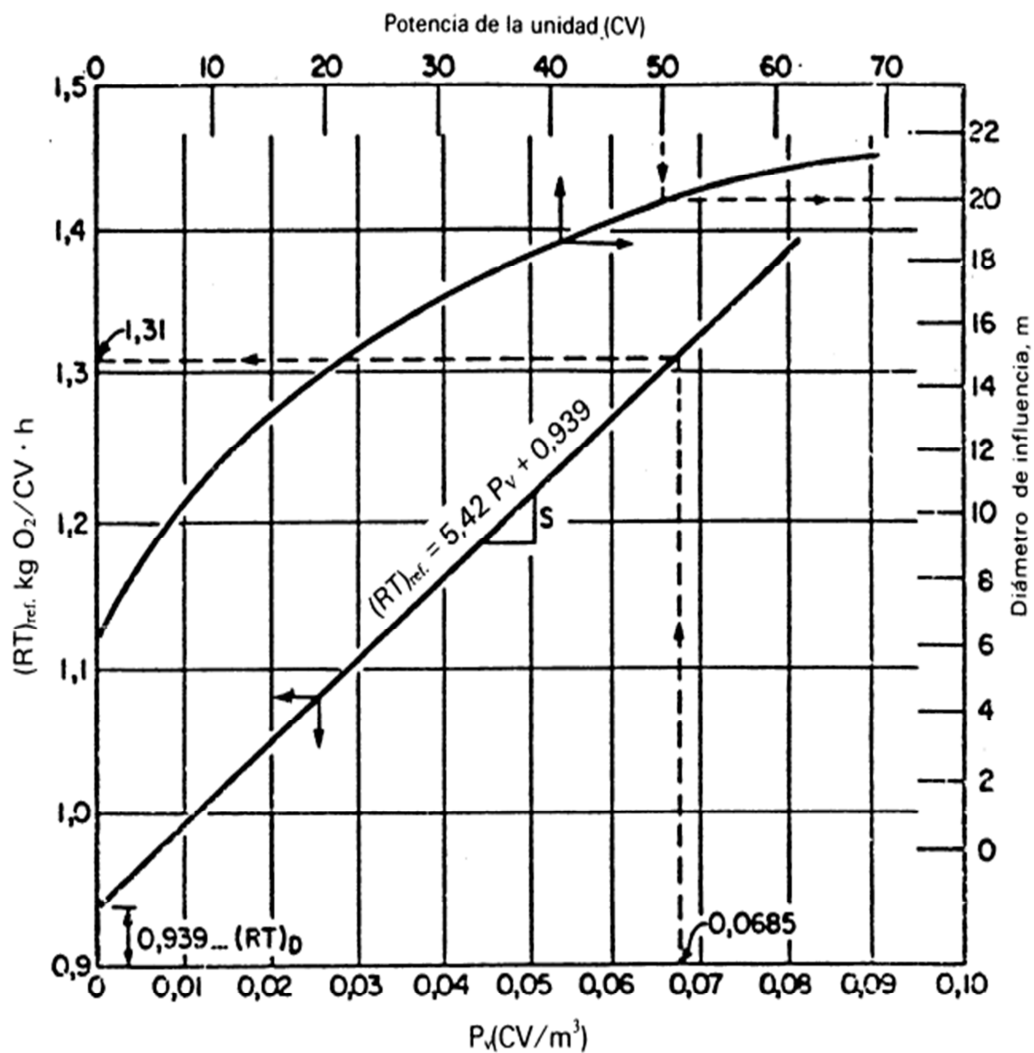
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE ING QUIMICA

REALIZADO POR:

Jeaneth Tatiana Valencia Medina

## ANEXO V

### CARACTERÍSTICAS DE AIREADORES DE SUPERFICIE



Notas	Categoría de Diagrama		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE ING. QUIMICA</b>  Jeaneth Tatiana Valencia Medina	Tema		
	Certificar	-Por eliminar		Planta de Tratamiento de aguas residuales		
	Por aprobar	-Para informar		Lamina	Escala	Fecha
	Aprobado	-Por calificar		5/13		2012/01/30

## ANEXO VI

### RESULTADO DE LOS ANALISIS FISICO QUIMICOS



**LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Jeaneth Valencia

Fecha de Análisis: 12 de mayo del 2011

Fecha de Entrega de Resultados: 18 de mayo de 2011

Tipo de muestras: Agua Residual del Camal Frigorífico Municipal Riobamba

Localidad: Riobamba

Código LAT/139-11

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Limites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	6.08
Conductividad	mSiems/cm	2510-B		2.30
Aceites y Grasas	mg/L	5530-C	100	19.0
Nitrogeno	mg/L	4500-N-A	40	6.5
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-D	220	2820.0
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C		1426.0
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	20	3600.0
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	6908.0
DQO	mg/L	5220-C	500	6400.0
DBO <sub>5</sub>	mg/L	5210-B	250	3280.0

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Notas	Categoría de Diagrama		ESCUELA SUPERIOR POLTECNICA DE CHIMBORAZO  FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA ING. QUIMICA  Jeaneth Tatiana Valencia Medina	TEMA		
				Planta de Tratamiento de aguas residuales		
				Lamina	Fecha	Escala
				6/13		2012/01/30

## ANEXO VII

### RESULTADO DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES



**LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Jeaneth Valencia

Fecha de Análisis: 23 de mayo del 2011

Fecha de Entrega de Resultados: 2 de junio de 2011

Tipo de muestras: Agua Residual del Camal Frigorífico Municipal Riobamba

Localidad: Riobamba

Código LAT/149-11

#### Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	6.20
Conductividad	mSiems/cm	2510-B		2.76
Aceites y Grasas	mg/L	5530-C	100	75.3
Nitrogeno	mg/L	4500-N-A	40	7.3
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-D	220	1620
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-C		1711.0
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-F	20	10000.0
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600	15640.0
DQO	mg/L	5220-C	500	2050.0
DBO <sub>5</sub>	mg/L	5210-B	250	1325.0

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

\*\*TULAS TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

Notas	Categoría de diagrama		ESCUELA SUPERIOR POLTECNICA DE CHIMBORAZO  FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA ING. QUIMICA  Jeaneth Tatiana Valencia Medina	Tema		
	Certificar	Por eliminar		Planta de Tratamiento de aguas residuales		
	Por aprobar	Por calificar		Lamina	Escala	Fecha
	Aprobado	Para informar		7/13		2012/01/30



## ANEXO VIII

### RESULTADO DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS



Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

#### EXAMEN MICROBIOLÓGICO

CLIENTE: Jeaneth Valencia	CODIGO: 189-11
DIRECCION: Ciudadela Los Olivos	
TIPO DE MUESTRA: Agua Residual Camal Frigorífico Municipal de Riobamba	
FECHA DE RECEPCIÓN: 2011-05- 12	
FECHA DE MUESTREO: 2011-05-12	
<b>EXAMEN FISICO</b>	
COLOR: Rojiza oscura	
OLOR: desagradable	
ASPECTO: Turbio presencia de material flotante	

DETERMINACIONES	METODO USADO	*VALOR DE REFERENCIA	VALOR ENCONTRADO
Coliformes Totales UFC/100ml	Filtración por membrana		207800
Coliformes Fecales UFC/100ml	Filtración por membrana		7600

- Valores referenciales TULAS

#### OBSERVACIONES:

**FECHA DE ANALISIS:** 2011-05-12

**FECHA DE ENTREGA:** 2011-05-17

#### RESPONSABLES:

Dra. Gina Alvarez

Dra. Fabiola Villa

**SACMIQ**  
LABORATORIOS

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previa autorización de los responsables.

\*Muestra receptada en el laboratorio

Notas	Categoría de diagrama		ESCUELA SUPERIOR POLTECNICA DE CHIMBORAZO  FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA ING. QUIMICA  Jeaneth Tatiana Valencia Medina	Tema		
	-Certificar	-Por eliminar		Planta de Tratamiento de aguas residuales		
	- Por aprobar	-Por calificar		Lamina	Escala	Fecha
	-Aprobado	-Para informar		8/13		2012/01/30

## ANEXO IX

### RESULTADO DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS



Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

#### EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS 201-11

CLIENTE: Jeaneth Valencia	CODIGO:201 -11
DIRECCION: Ciudadela Los Olivos	
TIPO DE MUESTRA: Agua Residual Camal Frigorífico Municipal de Riobamba	
FECHA DE RECEPCIÓN: 2011-05- 23	
FECHA DE MUESTREO: 2011-05-23	
<b>EXAMEN FISICO</b>	
COLOR: Objetable, verde oscura	
OLOR: Objetable, desagradable	
ASPECTO: Turbio, presencia de material flotante	

DETERMINACIONES	METODO	VALOR ENCONTRADO
Coliformes Totales UFC/100ml	Filtración de membrana	$6.3 \times 10^6$
Coliformes Fecales UFC /100ml	Filtración de membrana	$3.0 \times 10^6$
<b>Norma INEN 1108</b>		
<b>FECHA DE ANALISIS:</b> 2011-05-23		
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 2011-05-25		
<b>RESPONSABLES:</b>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   Dra. Gina Alvarez </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">   Dra. Fabiola Villa </div> </div>		


El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

\*La muestra es receptada en el laboratorio.

Notas	Categoría de Diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLTECNICA DE CHIMBORAZO	Tema		
	-Certificar -Por eliminar		Planta de Tratamiento de aguas residuales		
	-Por aprobar -Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS	Lamina	Escala	Fecha
	-Aprobado -Para informar	ESCUELA ING. QUIMICA	9/13		2012/01/30
		Jeaneth Tatiana Valencia Medina			

## ANEXO X

### RESULTADO DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

 <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 RIOBAMBA - ECUADOR	<b>ACREDITADO</b>   <b>ENSAYOS</b> No OAE LE 2C 06-008
---	--	--

**INFORME DE ENSAYO No:** 1665  
**ST:** 11 – 0781 ANÁLISIS DE AGUAS

**Nombre Peticionario:** Srta. Jeaneth Valencia  
**Atn.:** -  
**Dirección:** Cdla. Olivos; Riobamba, Chimborazo

**FECHA:** 09 de Agosto del 2011  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2011 / 08 / 02 – 10:30  
**FECHA DE MUESTREO:** 2011 / 08 / 02 – 09:30  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2011 / 08 / 02 – 2011 / 08 / 09  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua Residual  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** LAB-A 2305-11  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** N.A.  
**PUNTO DE MUESTREO:** Camal Municipal  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** TPH, CF, CT  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Srta. Jeaneth Valencia  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.: 26.0 °C. T mín.: 21.0 °C

#### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Coliformes Fecales	PEE/LAB-CESTTA/48 APHA9222D.9221	ufc/100 mL	>1x10 <sup>6</sup>	-	± 30%
*Coliformes Totales	PEE/LAB-CESTTA/47 APHA 9222.9221	UFC/100 mL	>1x10 <sup>6</sup>	-	-
TPH	PEE/LAB-CESTTA/07 TNRCC 1005	mg/L	<0,25	20	± 16%

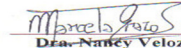
#### OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en laboratorio.
- Límites de descarga al sistema de alcantarillado. Tabla. 11 TULAS
- Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

#### RESPONSABLES DEL INFORME:

  
**Dr. Mauricio Álvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL  
 E INSPECCIÓN  
 LAB - CESTTA

  
**Dra. Nancy Veloz M.**  
**JEFE DE LABORATORIO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo  
 MC2201-05



Página 1 de 1

Notas	Categoría de Diagrama		ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA ING. QUIMICA  Jeaneth Tatiana Valencia Medina	Tema		
	-Certificar	-Por eliminar		Planta de Tratamiento de aguas residuales		
	-Por aprobar	-Por calificar		Lamina	Escala	Fecha
	-Aprobado	-Para informar		10/13		2012/01/30



## ANEXO XI

### RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

 <p><b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</b></p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p><b>ENSAYOS</b> No. OAE LE 2C 06-008</p>
---	---	--

**INFORME DE ENSAYO No:** 1667  
**ST:** 11 – 0782 ANÁLISIS DE AGUAS

**Nombre Peticionario:** Srta. Jeaneth Valencia  
**Atn.** -  
**Dirección:** Cda. Olivos ; Riobamba, Chimborazo

**FECHA:** 09 de Agosto del 2011  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2011 / 08/ 02– 15:30  
**FECHA DE MUESTREO:** 2011 / 08/ 02– 14:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2011 / 08/ 02 - 2011 / 08/09  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua Residual  
**CÓDIGO LAB-CESTTA:** LAB-A 2306-11  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** N.A  
**PUNTO DE MUESTREO:** Camal Municipal  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Tensoactivos  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Srta. Jeaneth Valencia  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:26.0 °C. T min.: 21.0 °C


#### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Tensoactivos	PEE/LAB-CESTTA/44 APHA 5540 C	mg/L	0,065	2,0	± 15%

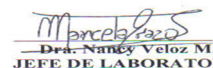
#### OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en laboratorio.
- Límites de descarga al sistema de alcantarillado. Tabla. 11 TULAS

#### RESPONSABLES DEL INFORME:

  
**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL  
E INSPECCION  
LAB - CESTTA

  
**Dr. Nancy Veloz M.**  
**JEFE DE LABORATORIO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo  
MC2201-05

Página 1 de 1

Notas	Categoría de Diagrama		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  FACULTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE ING. QUIMICA  Jeaneth Tatiana Valencia Medina	Tema		
	Certificar	-Por eliminar		Planta de Tratamiento de aguas residuales		
	Por aprobar	-Para informar		Lamina	Escala	Fecha
	Aprobado	-Por calificar		11/13		2012/01/30

## ANEXO XII

### ÁREA DE FAENAMIENTO DEL CAMAL



Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	TEMA		
	-Certificar -Por Aprobar -Aprobado -Por eliminar -Para informar -Para calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUIMICA REALIZADO POR: Jeaneth Tatiana Valencia Medina	Planta de Tratamiento de aguas residuales		
			Lamina	Escala	Fecha
			12/13		2012/01/30

**ANEXO XIII**  
**LIMPIEZA DEL CAMAL**



Notas	Categoría del diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	TEMA		
	-Certificar -Por Aprobar -Aprobado -Por eliminar -Para informar -Para calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING QUIMICA REALIZADO POR: Jeaneth Tatiana Valencia Medina	Planta de Tratamiento de aguas residuales		
			Lamina	Escala	Fecha
			13/13		2012/01/30

## **ANEXO XIV**

### **Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público**

**4.2.2.1** Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
- b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
- e) Fosgeno, cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno, sustancias comprobadamente tóxicas.

**4.2.2.2** El proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la presente norma.

El proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad deberá cumplir con los parámetros de descarga hacia un cuerpo de agua, establecidos en esta Norma.

**4.2.2.3** Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos a continuación (ver tabla 11):

**Tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado publico**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	100
Alkil mercurio		mg/L	No detectable
Acido o base que pueden causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables		mg/L	cero
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico total	As	mg/L	0,1
Bario	Ba	mg/L	5,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,02
Carbonatos	CO <sub>3</sub>	mg/L	0,1
Caudal máximo		L/s	1,5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/L	1,0
Cobalto total	Co	mg/L	0,5
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/L	0,1
Cloro activo	Cl	mg/L	0,5
Cromo hexavalente	Cr <sup>6+</sup>	mg/L	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/L	0,2
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/L	250
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/L	1,0
Fosforo total	P	mg/L	15
Hierro total	Fe	mg/L	25,0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/L	10

Manganeso total	Mn	mg/L	20
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/L	0,01
Niquel	Ni	mg/L	2,0
Nitrógeno total de Kjendahl	N	mg/L	40
Plata	Ag	mg/L	0,5
Plomo	Pb	mg/L	0,5
Potencial de hidrogeno	Ph		5-9
Sólidos sedimentables		mg/L	20
Sólidos suspendidos totales		mg/L	220
Solidos totales		mg/L	1600
Selenio	Se	mg/L	0,5
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/L	400
Sulfuros	S	mg/L	1,0
Temperatura	°C		<40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/L	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/L	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/L	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales	mg/L	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforado y carbamatos totales	mg/L	0,1
Vanadio	V	mg/L	5,0
Zinc	Zn	mg/L	10

## **ANEXO XV**

Registro oficial N° 441

Miércoles 13 de Octubre del 2004

### **ORDENANZA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN POR DESECHOS INDUSTRIALES, DE SERVICIOS FLORÍCOLAS Y OTROS DE CARÁCTER PELIGROSO GENERADOS POR FUENTES FIJAS DEL CANTÓN RIOBAMBA**

#### **Capítulo II**

##### **Objeto y ámbito de aplicación**

Art. 3.- **OBJETO.-** Esta norma regula los mecanismos para la prevención y control de la contaminación generada por los desechos líquidos y emisiones a la atmosfera de los sujetos de control, que afecta a los elementos del agua, aire, suelo y a sus respectivos componentes bióticos y abióticos en salvaguarda de la salud de la comunidad del cantón.

Dentro de los desechos líquidos se incluye los lodos residuales de los procesos y en general, los efluentes de fuentes fijas que se descarguen en los canales de alcantarillado público o directamente a los cuerpos receptores naturales o al suelo o subsuelo del canto.

Art. 4.- **SUJETOS DE CONTROL.-** Son sujetos de control de esta ordenanza los establecimientos asentados físicamente dentro de los límites del cantón se hallen o no domiciliados en el mismo dedicados a la actividades industriales, de servicio florícola, así como aquellos que constituyan fuentes fijas de generación de los desechos peligrosos previstos en los anexos 1,2 y 3 del “Convenio de Brasilea Sobre el Control de los Movimientos Transfronterizo de los desechos Peligroso y su Eliminación”

Art. 5.- **NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES.-** Al tenor del articulo precedente, de los desechos líquidos y emisiones a la atmosfera, generados por los sujetos de control, deberán someterse a los niveles máximos permisibles establecidos por esta ordenanza.

Art. 6.- Con una periodicidad de 2 años la Municipalidad de Riobamba, a través de la unidad administrativa a cargo de gestión ambiental conjuntamente con los delegados de las cámaras de la producción y de las universidades locales, realizaran el análisis y evaluación de los resultados logrados y procederá a realizar los cambios y ajustes que sean necesarios en el ámbito legal. Técnico, económico y administrativo.

#### **TITULO TERCERO**

##### **DE LOS MECANISMOS DE CONTROL Y PREVENCIÓN**

Art. 11.- **DEL CATASTRO Y REGISTRO.-** todo sujeto de control deberá ser catastrado por la autoridad ambiental para lo cual el establecimiento obligado en términos del Art. 4 y

en Art. 2 disposición transitoria, deberá registrar en esa dependencia los datos técnicos generales que permita la efectiva identificación de su actividad

Los establecimientos nuevos que deseen instalarse y funcionar en el cantón, a partir de la fecha en que entren en vigencia esta ordenanza deben presentar a la unidad administrativa a cargo de gestión ambiental un estudio de impacto ambiental, planes de manejo, con base en lo establecido en el instructivo que para este efecto elaborara dicha unidad administrativa.

Art. 12.- **PERMISO AMBIENTAL.-** Todo sujeto de control deberá obtener el permiso ambiental que otorga la autoridad ambiental, como requisito indispensable para poder funcionar legalmente.

El Permiso Ambiental Provisional (PAP) se lo obtiene al momento en que el establecimiento se registre y tendrá una validez de 2 años, contados a partir de la fecha de expedición.

El Permiso Ambiental Definitivo (PAD) lo obtienen los establecimientos que a través del informe técnico demostrativo verificando el cumplimiento de los niveles máximos permisibles de contaminación. El PDA tendrá una validez de 4 años calendario, contados a partir de la fecha de expedición.

Art. 13.- **DEL INFORME TECNICO DEMOSTRATIVO (ITD).-** Es el instrumento que contiene la información técnica sobre las condiciones en que un sujeto de control desarrolla su actividad, y permite establecer si estos cumplen con los niveles máximos permisibles de contaminación y demás normas técnicas pertinentes. Para este efecto, todo sujeto de control además de presentar la correspondiente información dentro del respectivo formulario que posee la autoridad ambiental, deberá adjuntar los resultados de una caracterización actualizada de sus desechos y emisiones realizadas por un profesional o laboratorio calificado previamente por la unidad administrativa a cargo de gestión ambiental.

El IDT se presentara ante la autoridad ambiental, suscrito por el propietario o representante legal del establecimiento sujeto de control, en un plazo de 180 días contados desde la fecha de emisión del PAP. Si transcurrido este lapso no se presentara el ITD, se sancionara al infractor con una carta de amonestación con copia ala gremio respectivo y dispondrá de dos meses adicionales para presentar el ITD, si vencido el segundo plazo el establecimiento no presenta el IDT se impondrá al establecimiento una multa de USD 50 y se le concederá un plazo perentorio de dos meses adicionales, si transcurrido el tercer plazo no presenta el ITD, se caducara el Permiso Ambiental Provisional y se procederá a la suspensión de actividades hasta que presente el informe técnico demostrativo.



También habrá obligación de presentar el ITD en los demás casos señalados por esta ordenanza como requisito para obtener o recuperar el PAD.

La autoridad ambiental se reserva el derecho de comprobar en cualquier momento la veracidad de la información consignada en el ITD y sus documentos de soporte.

Art. 14.- para efectos de la respectiva revisión de los informes técnicos demostrativos de la Municipalidad de Riobamba a través del personal debidamente calificado dispondrá un plazo de 90 días para emitir su criterio sobre la información recibida.

Art. 15.- Para los fines de aplicación a continuación se detallan los valores máximos permisibles que regirán para el control de las descargas líquidas industriales y las emisiones a la atmosfera,

a) Valores máximos permisibles para desechos líquidos (l)

Carga contaminante líquida (\*)

1. Hacia cuerpos de agua dulce (ríos, quebradas y lagunas): 48,6 Kg/d
2. Hacia sistemas de alcantarillado: 107,47 Kg/d

Temperatura < 30°C

Potencial de hidrogeno: 5-9

(\*) Datos de referencia para el cálculo de la carga combinada contaminante líquida caudal: 4,5 L/s

Tiempo promedio de descarga 12 horas/d

b) Valores máximos permisibles para desechos líquidos peligrosos (l)

<b>Sustancia</b>	<b>Concentración (mg/L)</b>
Arsénico	0,1
Bario	5,0
Cadmio	0,02
Cobre	1,0
Cromo	0,5
Compuestos fenólicos	0,2
Mercurio	0,01
Níquel	2,0
Plata	0,5
Plomo	0,5
Selenio	0,5
Cianuro	1,0
Difenil Policlorados	ND
Mercurio orgánico	ND
Tricloroetileno	1,0
Cloroformo	0,1
Tetracloruro de carbono	1,0

Dicloroetileno	1,0
Sulfuro de carbono	1,0
Otros compuestos orgánicos clorados	0,05
Compuestos orgánicos fosforados	0,1
Carbonatos	0,1
Hidrocarburos	20,0
Cloro activos	0,5

1. Para mayor detalle consultar registro oficial N° 204 de 5 de Junio de 1989.